

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

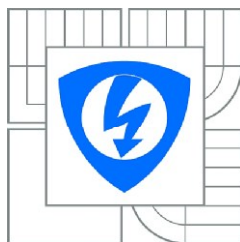
## **NÁVRH VYVEDENÍ VÝKONU Z FOTOVOLTAICKÉHO ZDROJE**

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE  
SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Jiří Rozmarín

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

**Student:** Jiří Rozmarín  
**Ročník:** 3

**ID:** 72901  
**Akademický rok:** 2010/2011

## NÁZEV TÉMATU:

**Návrh vyvedení výkonu z fotovoltaického zdroje**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popište možnosti návrhových systémů vhodných pro řešení problematiky vyvedení výkonu z fotovoltaického zdroje.
2. Navrhněte vyvedení výkonu ze zadaného fotovoltaického zdroje.
3. Zkontrolujte jištění vodičů a zařízení.
4. Zpracujte výkresovou dokumentaci k projektu.
5. Proveďte revizi Vámi navrženého rozvodu.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

**Termín zadání:** 23.9.2010

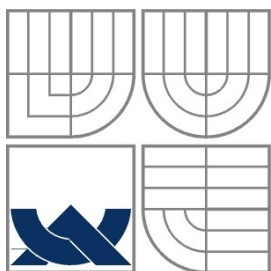
**Termín odevzdání:** 30.5.2011

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
Předseda oborové rady

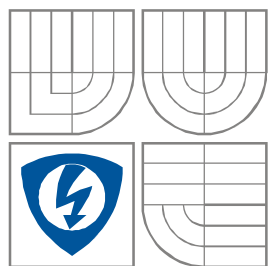
## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY  
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

# **NÁVRH VYVEDENÍ VÝKONU Z FOTOVOLTAICKÉHO ZDROJE**

**DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC SOURCE CONNECTION TO THE GRID**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

SEMSTRAL THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jiří Rozmarín

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

BRNO, 2011

**Klíčová slova**

Transformační stanice; fotovoltaická elektrárna; rozváděč; transformátor; revize.

**Keywords**

Transformation station; photovoltaic power; switchgear; transformer; revision.

## **Bibliografická citace**

ROZMARÍN, J. *Návrh vyvedení výkonu z fotovoltaiického zdroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Návrh vyvedení výkonu z fotovoltaického zdroje jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

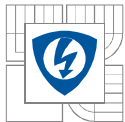
Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Valentovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

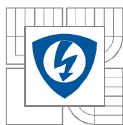
V Brně dne .....

Podpis autora .....



## OBSAH

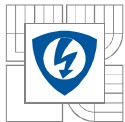
<b>OBSAH .....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1 NÁVRHOVÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>12</b>
1.1 AUTOCAD .....	12
1.2 SICH.....	12
<b>2 NÁVRH VYVEDENÍ VÝKONU Z FOTOVOLTAICKÉHO ZDROJE .....</b>	<b>14</b>
2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE, POPIS .....	14
2.1.1 JMENOVITÉ NAPĚTÍ A DRUHY SÍTÍ: .....	14
2.2 VNĚJŠÍ VLIVY A PROSTORY .....	14
2.2.1 URČENÍ VNĚJŠÍCH VLIVŮ A PROSTORŮ .....	14
2.3 PROVEDENÍ UZEMŇOVACÍ SOUSTAVY .....	15
2.3.1 UZEMŇOVACÍ SOUSTAVA .....	15
2.3.2 OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ .....	15
2.4 TRAFOSTANICE 22/0,4 kV .....	16
2.4.1 POPIS TRAFOSTANICE .....	16
2.5 KABELOVÉ VEDENÍ 22 kV .....	16
2.6 ROZVÁDĚČ VN 22 kV.....	17
2.6.1 TYP ROZVÁDĚČE.....	17
2.6.2 PŘÍVODNÍ POLE.....	19
2.6.3 MĚŘÍCÍ POLE.....	19
2.6.4 TRANSFORMÁTOROVÉ POLE.....	20
2.7 TRANSFORMÁTOR .....	21
2.8 ROZVÁDĚČ NN 0,4 kV.....	22
2.9 ŘÍDICÍ SYSTÉM A OCHRANY .....	23
2.10 OBCHODNÍ MĚŘENÍ .....	24
2.11 ŘÍZENÍ ČINNÉHO A JALOVÉHO VÝKONU .....	24
<b>3 KONTROLA JIŠTĚNÍ VODIČŮ A ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>26</b>
3.1 NAPÁJECÍ KABEL: .....	26
3.1.1 KONTROLA VODIČE PODLE ÚČINKŮ ZKRATOVÝCH PROUDŮ:.....	26
3.1.2 KONTROLA OTEPLENÍ VODIČŮ PŘI ZKRATU .....	28
3.2 NÁVRH TRANSFORMÁTORU .....	28
3.2.1 VSTUPNÍ HODNOTY .....	28
3.2.2 MINIMÁLNÍ VÝKON TRANSFORMÁTORU .....	29
3.2.3 NÁVRH TRANSFORMÁTORU.....	29



---

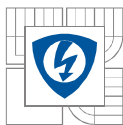
<b>3.3 ZPŮSOB PROPOJENÍ ROZVÁDĚČE NN A SVOREK TRANSFORMÁTORŮ.....</b>	<b>29</b>
3.3.1 KONTROLA OTEPLENÍ VODIČŮ PŘI ZKRATU .....	30
<b>3.4 KONTROLNÍ VÝPOČET V PROGRAMU SICHR.....</b>	<b>31</b>
<b>4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....</b>	<b>36</b>
4.1 SEZNAM DOKUMENTACE.....	36
<b>5 REVIZE NAVRŽENÉHO ROZVODU .....</b>	<b>37</b>
5.1 ROZSAH REVIZE.....	37
5.2 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM .....	37
5.2.1 SYSTÉM OCHRANY PŘED BLESKEM (LPS).....	38
5.3 ROZVÁDĚČ VN.....	38
5.3.1 ROZVÁDĚČ VN, OCHRANA VÝVODU VN79 .....	39
5.3.2 ROZVÁDĚČ VN, MĚŘICÍ TRANSFORMÁTORY .....	40
5.4 ROZVÁDĚČ NN VYVEDENÍ VÝKONU .....	41
5.5 ROZVÁDĚČ NN, SEKUNDÁRNÍ OCHRANA FVE .....	43
5.6 ROZVÁDĚČ VLASTNÍ SPOTŘEBY DC.....	44
5.7 ROZVÁDĚČ DISPEČERSKÉHO ŘÍZENÍ DS E-ON .....	45
5.8 ROZVÁDĚČ OBCHODNÍHO MĚŘENÍ.....	46
5.9 TRANSFORMÁTOR 22/0,4 kV, 1600 kVA .....	47
5.10 PROVEDENÉ MĚŘENÍ, ZKOUŠENÍ .....	48
5.10.1 SPOJITOST OCHRANNÝCH VODIČŮ, HLAVNÍHO A DOPLŇUJÍCÍHO POSPOJOVÁNÍ .....	48
5.10.2 IZOLAČNÍ ODPOR ELEKTRICKÉ INSTALACE .....	49
5.10.3 OCHRANA AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE .....	53
5.10.4 DOPLŇKOVÁ OCHRANA .....	55
<b>6 ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>57</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>59</b>





## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Trafostanice .....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 2: VN rozváděč.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 3: Rozváděč NN .....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 4: Dálkové řízení výkonu (činný, jalový) z dispečinku E.ON.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 5: Vlastnosti VN kabelu .....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 6: Celkové schéma .....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 7: Selektivita jištění paprsku 1 .....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 8: Impedanční smyčky paprsku 1 .....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 9: Vypínací charakteristiky paprsku 1 .....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 10: Výrobní štítek VN rozváděče .....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 11: Výrobní štítek ochrany.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 12: Výrobní štítek měřicího transformátoru proudu.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 13: Výrobní štítky měřících transformátorů proudu.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 14: Výrobní štítky měřících transformátorů napětí .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 15: Výrobní štítek rozváděče nn.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 16: Výrobní štítek rozváděče vlastní stejnosměrné spotřeby .....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 17: Výrobní štítek rozváděče dispečerského řízení.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 18: Výrobní štítek rozváděče obchodního měření.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 19: Výrobní štítek Transformátoru 22/0,4kV .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 20: Průběh plášťové zkoušky kabelu WHJ079.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 21: Průběh měření polarizačního indexu transformátoru +T21 .....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 22: Naměřené hodnoty při měření impedance poruchové smyčky .....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 23: Naměřené hodnoty zemního odporu .....</i>	<i>54</i>



---

## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Výběr primárních pojistek.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 2: Seznam stavů a povelů .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 3: Seznam ochranných funkcí integrovaných v jednotlivých invertorech.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 4: Seznam ochranných funkcí multifunkční ochrany P127 .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 5: Seznam ochranných funkcí multifunkční ochrany NPUFU .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 6: Parametry transformátoru.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 7: Seznam vývodů rozváděče +RH1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 8: Seznam vývodů rozváděče +ANM.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 9: Naměřené hodnoty spojitosti.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 10: Minimální hodnoty izolačního odporu.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 11: Naměřené hodnoty izolačního odporu.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 12: Seznam zkoušených kabelů .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 13: Minimální hodnoty polarizačního indexu .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 14: Tabulka naměřených hodnot proudových chráničů.....</i>	<i>55</i>



## ÚVOD

V dnešní době je lidská populace naprosto závislá na dodávkách elektrické energie. Nejběžnějším způsobem jak se doposud elektrická energie získávala, bylo využitím fosilních paliv. Jelikož tyto zdroje jsou vyčerpatelné, tak se lidstvo začalo zamýšlet nad obnovitelnými zdroji energie. V České republice to je to v posledních třech letech hlavně fotovoltaická energie získávaná ze slunečního záření. Připojením tohoto alternativního zdroje k elektrické síti musí být splněno několik základních podmínek, jako je paralelní provoz se sítí a aby bylo vyloučené zpětné rušivé působení na síť. Aby byly tyto podmínky splněny, musí se správně zvolit a dimenzovat zařízení, jenž se připojuje k elektrické soustavě.

Práce je rozdělena do několika částí. První část pojednává o software, který je použit při návrhu vyvedení výkonu. Další kapitola se zabývá samotnou volbou zařízení a jednoduchým popisem daných celků. Třetí kapitola se zabývá kontrolou jištění vodičů a zařízení. Ve čtvrté kapitole je zpracována výkresová dokumentace. A poslední bod se zabývá revizí navrženého rozvodu.

# 1 NÁVRHOVÉ SYSTÉMY

## 1.1 Autocad

Jedná se o výsek nekonečně velkého kreslicího prostoru monitoru počítače. Kreslení probíhá pomocí různých nástrojů, jako jsou čára, kružnice, apod. Klíčové nástroje v této aplikaci jsou však jiné, jejichž pomocí lze již nakreslené entity modifikovat. Mezi ty je možno zařadit například kopírování, zrcadlení, tvorbu ekvidistanty, tvorbu pole, posunutí, otočení, změna měřítko, apod. Kreslení v AutoCADu je nutno provádět přesně. Rozměry nelze dodatečně modifikovat. Každá čára v AutoCADu je zařazena do tzv. hladiny. Tyto jsou definovány (charakterizovány) třemi parametry:

- a) tloušťka čáry
- b) typ čáry
- c) barva čáry

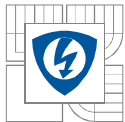
„Hladina je možno vytvořit celou řadu, a jednotlivé čáry do těchto hladin přiřazovat. V konečné fázi vznikne výkres, ve kterém figurují několik hladin. Každá z nich má již výše uvedené parametry. Změnou jednoho z parametrů se změní vlastnost všech čar, spadajících do hladiny. Jednotlivé hladiny lze také v některé fázi konstruování vypnout (či zmrazit) a zprůhlednit nebo zjednodušit tak celý výkres. Při potřebě informací, které nesou vypnuté hladiny, je možno tyto informace kdykoliv opětovným zapnutím získat. Jako příklad je možno uvést projektování, kde existuje jednotný půdorys a v jednotlivých hladinách figurují např. rozvod vody, plynu elektrické energie, topení, atd. Funkci hladin lze vysvětlit jako kladení jednotlivých průhledných fólií na sebe, které nesou informace. Každá hladina je reprezentována jednou fólií. Jakýkoliv konstrukční celek (např. ložisko) je možno uložit jako tzv. blok, který je charakterizován určitou hladinou. Tento blok se může různě kopírovat (jako celek) do jiných souborů. Změnu součásti, která je uložena jako blok, je možno provést pouze tzv. rozložením součásti. AutoCAD pracuje především se soubory formátu dwg. Jako transportní formát lze využít formát dxf.“ [18]

## 1.2 Sichr

„Slouží k návrhu elektrických parametrů paprskových sítí TN-C, TN-C-S a IT sítí bez vyvedeného středního vodiče ve všech obvyklých napěťových hladinách. Program v sobě zahrnuje databázi jistících a spínacích prvků, proudových chráničů a svodičů, dále pak otevřené databáze transformátorů a silových kabelů.“ [22]

Program počítá zkratové proudy v navrhovaném obvodu, vyhodnocuje velikosti omezených proudů za omezujícími přístroji a výsledky využívá k posouzení možnosti vzájemného kaskádování jednotlivých přístrojů. Během těchto výpočtů se kontroluje i správnost předjištění spínačů, proudových chráničů a přepětových ochran.

Dimenzování kabelů se v programu důsledně řídí aktualizovanou normou ČSN 33 2000-5-52 z roku 2003 a souvisejícími předpisy. Program v závislosti na zvoleném způsobu uložení a druhu použitého kabelu posuzuje vhodnost jeho jištění z hlediska přetížení i zkratových proudů a vyhodnotí úbytky napětí na sběrnicích a vývodech.



Selektivita mezi jednotlivými stupni jištění se posuzuje jak na základě porovnání vypínacích charakteristik jednotlivých přístrojů v oblasti přetížení, tak za použití databáze provedených zkoušek selektivity použitých přístrojů v oblasti zkratových proudů.

Při výpočtu impedančních smyček se bere v úvahu impedance celého obvodu včetně impedance vysokonapětového rozvodu, přičemž se uvažuje i se zvýšením činného odporu kabelů v závislosti na oteplení kabelu protékajícím proudem. V jednotlivých částech rozvodu je samozřejmě možné nastavit různý předepsaný čas vypnutí od 30s v energetických rozvodech přes 5s v pevných částech rozvodu až po 0,4s v zásuvkových obvodech. Program je již léta nepostradatelným pomocníkem elektroprojektantů a revizních techniků. Nejen že jim v mnoha směrech usnadňuje práci, ale navíc jim poskytuje i velké množství informací o selektivitě a předjištění spínačů a proudových chráničů, které ani v jiných materiálech uveřejněny nejsou.

## 2 NÁVRH VYVEDENÍ VÝKONU Z FOTOVOLTAICKÉHO ZDROJE

### 2.1 Základní údaje, popis

Předmětem tohoto návrhu je provedení pevné elektrické instalace a připojení elektrického zařízení vysokého a nízkého napětí, dílčí, uvedené části elektrického zařízení vyvedení výkonu nového fotovoltaického generátoru (výrobní) P AC nom. = 1461,0 kW max. (144 ks x SMC 10000 TLRP + 3 ks x SMC 7000TL (celkem 1 461 000 Wp)) včetně kabelové přípojky VN, zděné trafostanice 22/0,4 kV a související sekundární obvody a zařízení napájení vlastní spotřeby, ovládání, chránění, měření a signalizace nové fotovoltaické elektrárny 1600 kW.

#### 2.1.1 Jmenovité napětí a druhy sítí:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| • 3 AC 22 kV 50Hz / IT                | (Rozvodna 22 kV)  |
| • 3/N AC 100/ $\sqrt{3}$ (100/3) / TT | (Napětí měřicí transformátory napětí)                         |
| • 3/PEN AC 400/230 V 50Hz / TN-C      | (Vyvedení výkonu transformátoru a fotovoltaického generátoru) |
| • 3/N/PE AC 400/230 V 50Hz / TN-S     | (Pohony, instalace)   |
| • 2 DC 110 V/ IT                      | (Zajištěné napájení pro ovládání, chránění a signalizaci)     |

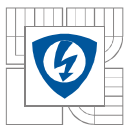
### 2.2 Vnější vlivy a prostory

Před samotným návrhem technologie, musí být zpracován protokol o určení vnějších vlivů. Projektová dokumentace řeší výběr a instalaci elektrického zařízení při určeném způsobu provozu tak, aby byly zajištěny základní podmínky bezpečnosti dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3 a PNE 33 2000-3 na základě působení okolí (prostředí) na elektrické zařízení a naopak, upřesněné v protokolu o určení vnějších vlivů dle ČSN 33 2000-3 a PNE 33 0000-2. Přítomnost vnějších vlivů v jednotlivých prostorech předurčuje míru nebezpečí úrazu elektrickým proudem nebo elektrickým či elektromagnetickým polem. Na základě příslušného prostředí v jednotlivých prostorech jsou určena příslušná krytí a provedení jednotlivých elektrických zařízení dle požadavků na bezpečnost (osoby, zvířata, majetek).

#### 2.2.1 Určení vnějších vlivů a prostorů

Vnější vlivy jsou v protokolu určeny následovně:

Objekt číslo:	<b>P1</b>
Stručný popis:	Venkovní prostory (samostatný pozemek) FV generátoru v podobě FV panelů a střídačů. Specifické využití, výroba elektrické energie. Panely a střídače umístěny na kovových konstrukcích. Průměrná bouřková činnost v dané lokalitě je 25 - 30 bouřkových dnů v roce dle izokeraunické mapy ČR. Areál oplocen.



---

Prostor:	<b>Zvlášť nebezpečný</b>
Významné vnější vlivy:	<b>AB7, AD4, AK2, AL2, AQ3, AS2, BA4, BC3</b>
Objekt číslo:	<b>P2</b>
Stručný popis:	Prostor trafostanice TS1, části rozvodna VN, rozvodna NN. (stání transformátoru je za zábranou). Zděná trafostanice tvoří jeden požární úsek a stavební objekt. Trafostanice se nachází v prostoru fotovoltaické elektrárny, slouží pro transformaci napětí NN elektrárny na napětí 22kV a jako předávací rozpadové místo distribuční společnosti E-ON. Do prostoru trafostanice je umožněn vstup pouze osobám znalým.
Prostor:	<b>Nebezpečný</b>
Významné vnější vlivy:	<b>AG2, AH2, AM5, AM6, AQ2, BA5, BC3, BE2N3</b>
Poznámky:	AG2- platí pro bezprostřední okolí pole VN rozváděče AJA01 AH2- platí pro stanoviště transformátoru BA2N3- 730 kg oleje v hermetizovaném transformátoru SGB DOTXL 1600 H/20

## 2.3 Provedení uzemňovací soustavy

Všechny druhy uzemňovacích soustav zajišťují srovnatelnou ochranu osob a majetku. Každá z nich však má určité výhody i nevýhody, což může být důležité pro daný typ elektrické instalace. Provozní požadavky kladené na obchodní i průmyslové rozvody se mění a vyvíjejí. Proto je čím dál důležitější zvolit správnou uzemňovací soustavu, která odpovídá potřebám provozovatele daného rozvodu, zavedené technické praxi a požadavkům technických norem a předpisů. Správně zvolená uzemňovací soustava současně umožní zvládnout základní problematiku omezování poruchových proudů a potřebné selektivity a citlivosti elektrických ochranných.

### 2.3.1 Uzemňovací soustava

V prostorách FVE bude kolem kioskové trafostanice zřízena společná uzemňovací soustava pro zařízení NN a VN dle ČSN 33 2000-4-442. Zemní síť bude provedena jako mřížová z pásů FeZn 30x4 žárově zinkovaných vedených okolo trafostanice v kombinaci s ekvipotenciálním prahem. Síť je dimenzovaná na maximální zkratový výkon výroby. Vše kovové a vodivé bude uvedeno na společný potenciál. Po ukončení výstavby bude provedeno měření krokových a dotykových napětí. Na pozemcích bude instalována společná uzemňovací soustava pro FV panely a kioskovou trafostanici. Zemní síť je provedena jako mřížová z pásů FeZn 30x4.

### 2.3.2 Ochranné pospojování

Veškeré neživé vodivé části (ocelové konstrukce, kryty, stavební prvky) v objektech trafostanice se musí pospojit a připojit na nově provedenou uzemňovací soustavu dané trafostanice. Všechny spoje jsou provedeny velmi pečlivě s minimálním přechodovým odporem. Provedení a barevné značení odpovídají požadavkům platných norem.



## 2.4 Trafostanice 22/0,4 kV

Trafostanice je v elektrické soustavě seskupení elektrických zařízení, která mají za úkol:

- Transformovat elektrickou energii do různých napětových hladin a přenášet ji dále do elektrických sítí. Transformace je možná ze strany vyššího napětí na nižší i naopak.
- Jistit kabely, vedení, transformátory a spotřebiče před poruchami v elektrické síti jako jsou nežádoucí harmonické a mezipharmonické složky, přechodové děje v síti, nebo nesymetrie fází.

### 2.4.1 Popis trafostanice

Zděná jednopodlažní trafostanice se dvěma příčkou oddělenými prostory rozvodny VN, NN a stání transformátoru T21 se záchytnou jímkou, každý se samostatnými vstupními dveřmi (viz. Obrázek 1). Rozváděč fakturačního měření + AQQ je umístěn na fasádě z vnější strany trafostanice. Trafostanice TS01 je umístěna v jihovýchodní části, části fotovoltaické elektrárny poblíž vstupní brány.



*Obrázek 1: Trafostanice*

## 2.5 Kabelové vedení 22 kV

Kabelové vedení začíná na připojovacím bodě k venkovnímu vedení VN přechodem z venkovního vedení 22 kV na vedení kabelové přes sekční odpínač. Kabelové vedení končí v rozváděči VN FVE, kde je připojeno kabelovou koncovkou prostřednictvím vývodového pole. V místě vstupu do rozvodny je kabel opatřen vodotěsným uzávěrem. Kabel je uložen v zemi ve výkopu hloubky 1,2 m v pískovém loži s vrstvou písku o tloušťce 10 cm pod i nad. Dále je zakryt plnými cihlami (29x140x65) po celé délce kabelu. Samotná volba VN kabelu je uvedena v bodě 3.



---

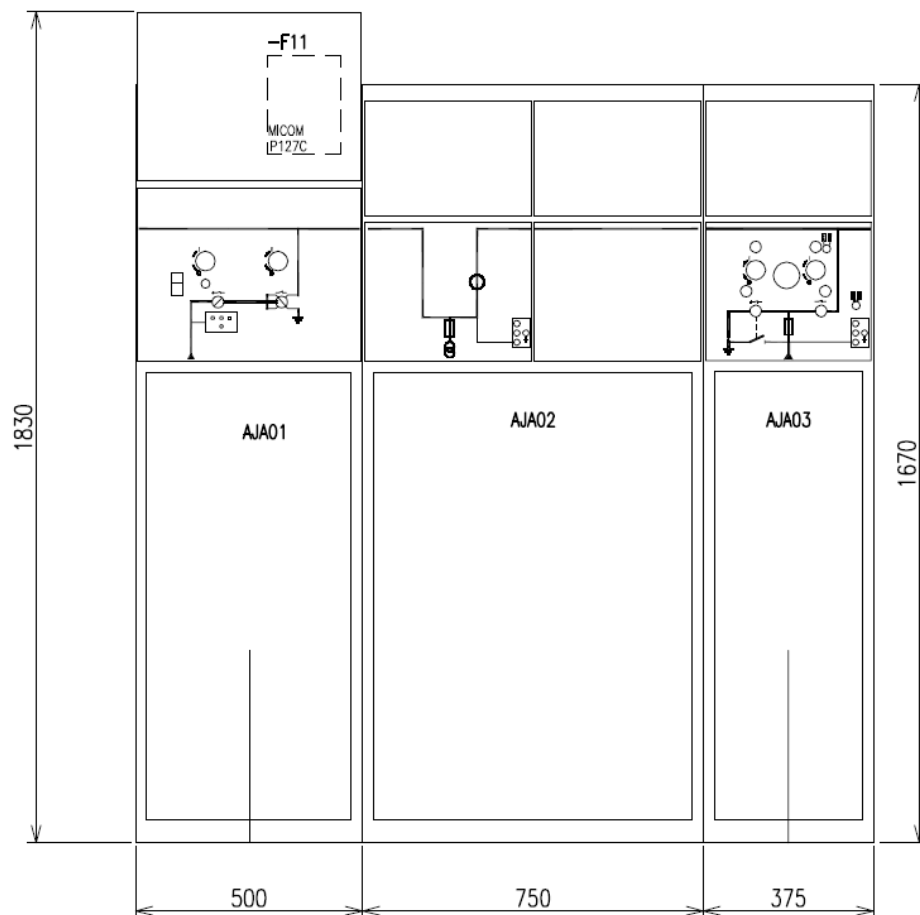
## 2.6 Rozváděč VN 22 kV

VN rozvoden existuje několik druhů. Dříve se v rozvodnách používali kobkové rozvodny a také venkovní rozvodny 22 kV. V dnešní době se od těchto typů ustupuje a používají se modernější a mnohem menší rozváděče. Tyto rozváděče jsou modulární a mohou být vzduchové, vakuové, nebo izolované plynem SF<sub>6</sub>. Hlavní výhodou modulárních VN rozváděčů je jejich velikost. Dle našich připojovacích podmínek použijeme VN rozváděč sestávající se ze třech polí a to pole přívodu s uzemňovačem, vypínačem a primární nadproudovou ochranou. Druhé pole je pole měření. Toto pole je vybaveno měřicími transformátory proudu a napětí. MT slouží k obchodnímu měření, dispečerskému měření a pro měření ochrany. Třetí pole je pole transformátorové. Toto pole obsahuje vysokonapěťové pojistky a vývod na transformátor.

### 2.6.1 Typ rozváděče

Pro náš případ byl zvolen rozváděč UNIFLUORC od firmy AREWA. Jedná se o modulární vzduchový rozváděč s odpínači v plynu SF<sub>6</sub>. Vyznačuje se kompaktním provedením a malými rozměry, vzhledem ke jmenovitému napětí. Je osazen odpínači, uzemňovači, pojistkovými spodky a vakuovým vypínačem. Celé zařízení je uspořádáno přehledně s ohledem na snadnou obsluhu a minimální údržbu. Ovládání vypínače, odpínače a uzemňovačů jakož i natažení pružinového pohonu vývodu na transformátor se provádí ručně pomocí ovládacích pák. Vypínač je ovládán dálkově pomocí motorového pohonu.

AJA 01	AJA 02	AJA 03
VÝVOD	MĚŘENÍ	PŘÍVOD
FLUVAC CB	UNIFLUORC Mn	UNIFLUORC T1



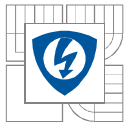
Obrázek 2: VN rozváděč

**Sestava rozváděče 22 kV, skládající se ze 3 polů :**

Typ rozváděče : Unifluorc  
Jmenovité napětí : 24 kV  
Provozní napětí : 22 kV  
Jmenovitý proud přípojníc : 630 A  
Krátkodobý proud : 20 kA / 1 s

Rozměry rozváděče:

šířka : 1625 mm  
výška : 1830 mm  
hloubka : 1170 mm



### 2.6.2 Přívodní pole

Přívodní pole CB s vakuovým vypínačem se skládá z odpínače a uzemňovače. Vakuový vypínač (FLUVAC) je zapojen do série vůči nezávislým přístrojům, což umožňuje izolování a uzemnění vedení. Vypínač, odpínač i uzemňovač jsou vybaveny zámkou, aby nedošlo k manipulaci neoprávněnou osobou. Odpínač je možné ovládat pouze za podmínky, že je vypínač rozepnut. A naopak, když je vypínač sepnut, není možné rozepnout odpínač. Na vypínač působí primární ochrana, která je osazena v nástavbové skřínce na přívodním poli.

#### skříň č. 1 - jednotka FLUVAC CB, vývod

rozměry ( š x v x h ) 500 x 1830 x 1170 mm

##### Skříň obsahuje :

- |        |   |
|--------|---|
| 1 KS   | vakuový vypínač + odpínač + uzemňovač FLUVAC izolované SF6              |
| 1 SADA | systém přípojníc 630 A  |
| 3 KS   | přístrojový transformátor proudu 50/1/1A 2,5/2,5VA 0,5/5P20             |
| 3 KS   | kapacitní napěťový snímač včetně optické signalizace přítomnosti napětí |
| 1 SADA | přípojovací místa pro 3x jedno-žilový kabel max. 240 mm <sup>2</sup>    |
| 1 KS   | horní NN nástavba včetně: přípravy pro zapojení ochrany dle projektu    |

### 2.6.3 Měřicí pole

Pole měření M je určeno pro osazení proudovými transformátory, napěťovými transformátory a pro přechod přípojníc do dalšího pole.

#### skříň č. 2 - jednotka UNIFLUORC Mn, měření ve spojení

rozměry ( š x v x h ) 750 x 1670 x 980 mm

##### Skříň obsahuje :

- |        |  |
|--------|--|
| 1 SADA | systém přípojníc 630 A   |
| 3 KS   | napěťový transformátor s pojistkou VTS 25, 22000/ $\sqrt{3}$ 100/ $\sqrt{3}$ 100/ $\sqrt{3}$ 10/10VA, T.P. 0,5s/0,5 Úřední ověření             |
| 3 KS   | transformátory proudu typ CTS 25 50/5/5A 10/10VA T.P. 0,5s/0,5 Úřední ověření  |
| 1 KS   | horní NN nástavba<br>zapojení fakturačního měření dle. Standardu E.on<br>dispečerské měření a měření pro ochranu vyvedeno do horní NN nástavby |

## 2.6.4 Transformátorové pole

Transformátorové pole se skládá z odpínače a uzemňovače. Pohon odpínače je mechanického typu, se střadačem energie. Dále jsou nainstalovány tři pojistky s rozměry odpovídajícími normám DIN. Každá pojistka je zasunuta uvnitř příslušného držáku pojistek umístěného v kabelovém prostoru v blízkosti odpínače a držáku svorek. Pojistky mohou být vyjmuty / zasunuty po otevření dveří přístupu do kabelového prostoru, ale díky mechanickému vzájemnému blokování pouze při rozepnutí odpínači a při sepnutém uzemňovači (stav uzemněné pojistky). Poloha pojistek zajišťuje snadnou výměnu a spolehlivý zásah prostřednictvím úderníku. Ústrojí zajišťuje automatické rozepnutí odpínače, pak uvolní ovládací pružinu, když se přepálí jedna nebo více pojistek; toto ústrojí se spustí úderníkem pojistky. Jak stav pojistek, tak stav natažení pružin jsou signalizovány příslušnými mechanickými ukazateli na panelu řídicí jednotky.

### skříň č. 3 - jednotka UNIFLUORC T1, přívod z transformátorů

rozměry ( š x v x h ) 375 x 1670 x 980 mm

#### Skříň obsahuje :

1 SADA	systém přípojníc 630A
1 KS	odpínač a uzemňovač
3 KS	kapacitní napěťový snímač včetně optické signalizace přítomnosti napětí
3 KS	pojistka 80A s mechanickým ukazatelem vybavení pojistky dle výkonu transformátorů
1 KS	vývodový uzemňovač
1 SADA	připojovací místa pro kabel
1KS	horní NN kanál

### 2.6.4.1 VN pojistky

Jmenovitý proud pojistek závisí na provozním napětí; výkonu transformátoru. Nainstalované pojistky musí odpovídat normě IEC 60282-1 a musí být dimenzovány v souladu s normou DIN 43625. Výběr pojistek byl proveden dle výrobce VN rozváděče (viz. Tabulka 1).

☐ Hodnoty jmenovitého proudu pro (STANDARDNÍ) pojistku
 ☐ Hodnoty jmenovitého proudu pro (NESTANDARDNÍ) pojistku

Jmeno- vitě napětí	Výkon transformátoru v kVA														
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
	$U_x = 4\%$										$U_x = 5\%$		$U_x = 6\%$		
	Limit doby zkratu										3 s		4 s		
	Jmenovitý proud vysokonapěťové pojistkové vložky v A														
kV	10/12	15/17,5	20/24	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	-	
	16	10	10	16	16	16	25	25	32	40	63	80	80	100	
	16	10	10	16	16	16	25	25	32	40	63	80	80	100	
	16	10	10	16	16	16	25	25	32	40	63	80	80	100	

Jak objednat pojistku

4101

XX

XXX

kV

Ampéry

Příklad

4101

17

080

17.5 kV

80 A

Tabulka 1: Výběr primárních pojistek

## 2.7 Transformátor

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který umožňuje přenášet elektrickou energii z jednoho obvodu do jiného pomocí vzájemné elektromagnetické indukce. Používá se většinou pro přeměnu střídavého napětí (např. z nízkého napětí na vysoké) nebo pro galvanické oddělení obvodů. Vyrábí se v širokém rozsahu výkonů, nejrozličnějšího provedení a použití. V elektrorozvodných sítích používáme transformátory výkonové (výkony až 1000 MW a napětí až 800 kV). Pro plynulou regulaci napětí elektrických strojů a v laboratořích se užívají regulační transformátory (autotransformátory). Pro měření velkých hodnot proudů, napětí a výkonů se užívají měřicí transformátory napětí a proudů. Pro speciální použití zejména v slaboproudých zařízeních se vyrábějí zvláštní transformátory (oddělovací, impulsní apod.).

Z důvodu velkého rozmachu budování fotovoltaických zdrojů, kde je díky vysokým výkupním cenám kladen tlak na hodnotu ztrát, byl na konci roku 2009 vyvinut v SGB nový typ nízkoztrátových transformátorů DOTXL. Tyto transformátory mají oproti typu DOTUL -30% (hodnoty ztrát  $C - C' - 30\%$  dle normy ČSN 35 1121) ztráty redukovány o přibližně 20% dle zvoleného výkonu. Díky tomu je návratnost investice do transformátoru DOTXL otázkou pár desítek měsíců. Samotný návrh výkonu transformátoru je řešen v bodě 3.2

## 2.8 Rozváděč NN 0,4 kV

Jako rozvodné zařízení NN se používají rozváděče panelové, skříňové, popřípadě rámové s jednoduchými přípojnici. Vybavení rozváděčů NN musí být odolné vůči účinkům zkratových proudů. Jejich velikost, která je dána výkonem napájecího transformátoru, se stanoví podle ČSN 38 1754.

Hlavním úkolem rozváděče NN je přenést elektrickou energii ze sekundárních svorek transformátoru 22/0,4 kV do dalších elektrických zařízení, přes výkonový vypínač ARION WL12 (2500A) od firmy OEZ. Odtud je elektrická energie přenášena přes měděné pásoviny do pojistkových odpínačů.

Skříňový rozváděč (viz. Obrázek 3) se bude skládat ze třech polí, přičemž pole 2 bude určeno pro přívod z transformátoru a pole 1 a 3 pro vývody. Vlastní spotřeba bude umístěna v poli 3. Skříňový rozváděč bude upravený atypický rozváděč od firmy ESB-rozváděče, a.s. Každý rozváděč bude mít následující parametry:

Jmenovitý proud přípojníc  $I_n=2500A$

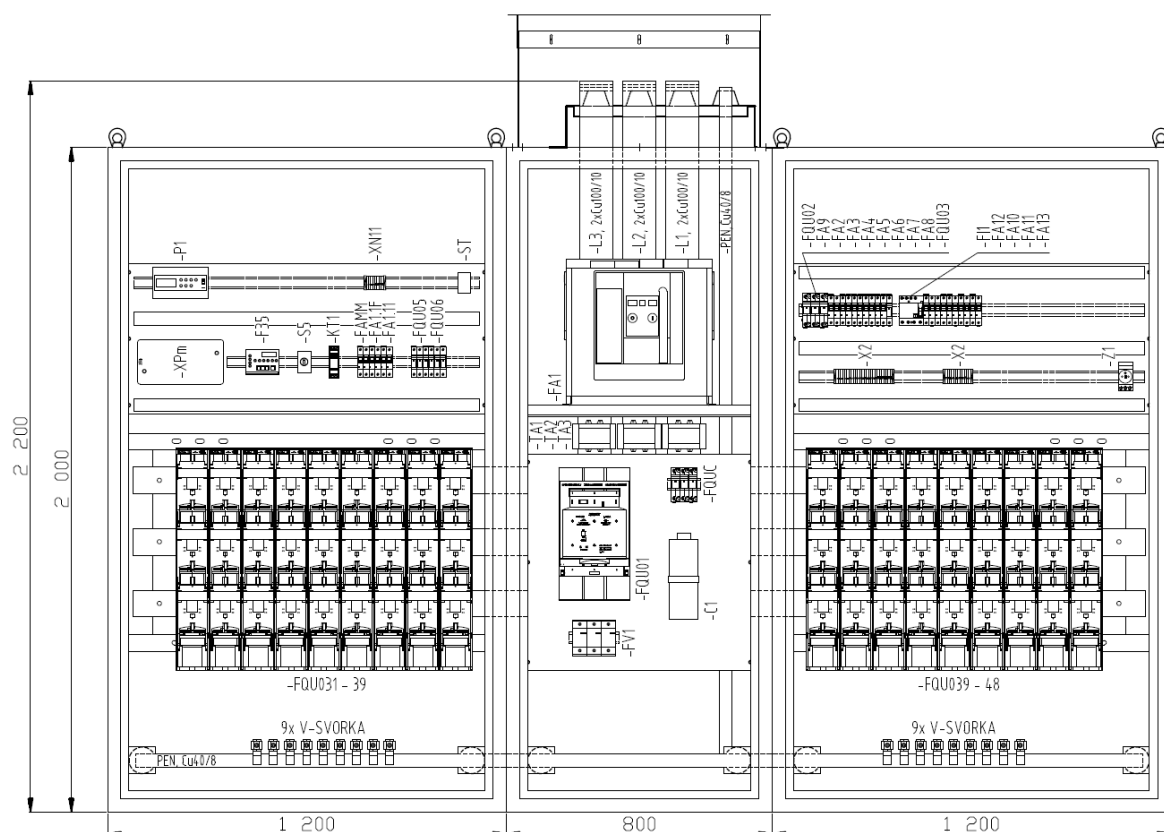
Ochrana automatickým odpojením od zdroje.

Krytí IP40/00

Zkratový proud 66kA

Přívody - horem

Vývody - spodem



Obrázek 3: Rozváděč NN

## 2.9 Řídicí systém a ochrany

### 2.9.1.1 Řídicí systém

Řídicí systém je umístěn v samostatném rozváděči v prostoru trafostanice. Zajišťuje ovládání, měření a signalizaci vývodu FVE do nadřazeného řídicího systému distributora v požadovaném rozsahu. Seznam stavů a povelů, které se přes řídicí systém přenáší je patrný (viz. Tabulka 2).

Dálkové ovládání	vypínač QM	povel vyp	f1QM
		povel zap	f2QM
Měření	činný výkon P	-MW až +MW	
	jalový výkon Q	-MVAR až +MVAR	
	sdržené napětí L12	0 až 26,4kV	
Stavová signalizace	vypínač QM	stav vyp	f3QM
		stav zap	f4QM
	odpojovač QA	stav vyp	f3QA
		stav zap	f4QA
	uzemňovač QU	stav odzemněno	f3QU
		stav uzemněno	f4QU
Působení ochran	nadproudová	I>, I>>	H111T
	napěťová	U>, U<	H351T
	frekvenční	f<, f>	H391T
	zemní spojení	Io	H410A
Poruchové a ostatní signalizace	porucha ochrany		H111IF
	výpadek jističů MTN		H851T
	porucha usměrňovače a podpětí baterie		H931IF
	otevření dveří	rozdávěč AXY	4DR
Regulace	regulace činný výkon 0%		f299P1
P a Q	regulace činný výkon 30%		f299P2
	regulace činný výkon 60%		f299P3
	regulace činný výkon 100%		f299P4
	regulace jalový výkon -0,95		f299QL5
	regulace jalový výkon -0,97		f299QL3
	regulace jalový výkon 1		f299Q0
	regulace jalový výkon +0,97		f299QC3
	regulace jalový výkon +0,95		f299QC5
	porucha usměrňovače		H931IF
Poruchové a další signály	otevření dveří	rozdávěč AXY	4DR
	ztráta ovládacího napětí		H8311L

Tabulka 2: Seznam stavů a povelů

### 2.9.1.2 Ochrany

Jako primárního chránění zdroje, FVE byly použity ochrany integrované v jednotlivých invertorech. Záložní ochrana tohoto chránění je Micom typu P127 na straně vývodu VN. Snímání napětí a proudu je z druhého vinutí napěťového transformátoru. PTN  $22/\sqrt{3} / 0,1/\sqrt{3} / \text{kV}$ , 0,5/10VA a druhé sady PTP 50/1A, 5P20/2,5VA, umístěné v přívodním poli. Působení je vyvedeno na vypínač QM v poli vývodu. Požadovaná poruchová signalizace je stažena pomocí binárních výstupů do řídicího systému. V ochraně je využita funkce snímání odběru / dodávky v návaznosti s blokováním podpěťové funkce.

Působení ochran	napěťová	(U>, U<)
	frekvenční	(F>, F>>)
	změna U, $\phi$	$\Delta U, \Delta \phi$
	hlídání nesymetrie sítě	

Tabulka 3: Seznam ochranných funkcí integrovaných v jednotlivých invertorech

Působení ochran	napěťová	(U>, U<)
	nadproudová	(I>, I>>)
	frekvenční	(f<, f>)
	zemní spojení	(I <sub>o</sub> )

Tabulka 4: Seznam ochranných funkcí multifunkční ochrany P127

Působení ochran	napěťová	(U>, U<)
	frekvenční	(f<, f>)

Tabulka 5: Seznam ochranných funkcí multifunkční ochrany NPUFU

Vývody transformátorů VN jsou chráněny pojistkou. Ze strany NN jističem ARION WL12 (2500A). Dále jsou v NN části použity pojistky a jističe.

Výrobce inverterů garantuje nemožnost ostrovního provozu. Při ztrátě napětí na straně distributora sítě, invertory vypnou do 0,2 s. Zálohováno ochranou NN + RH.

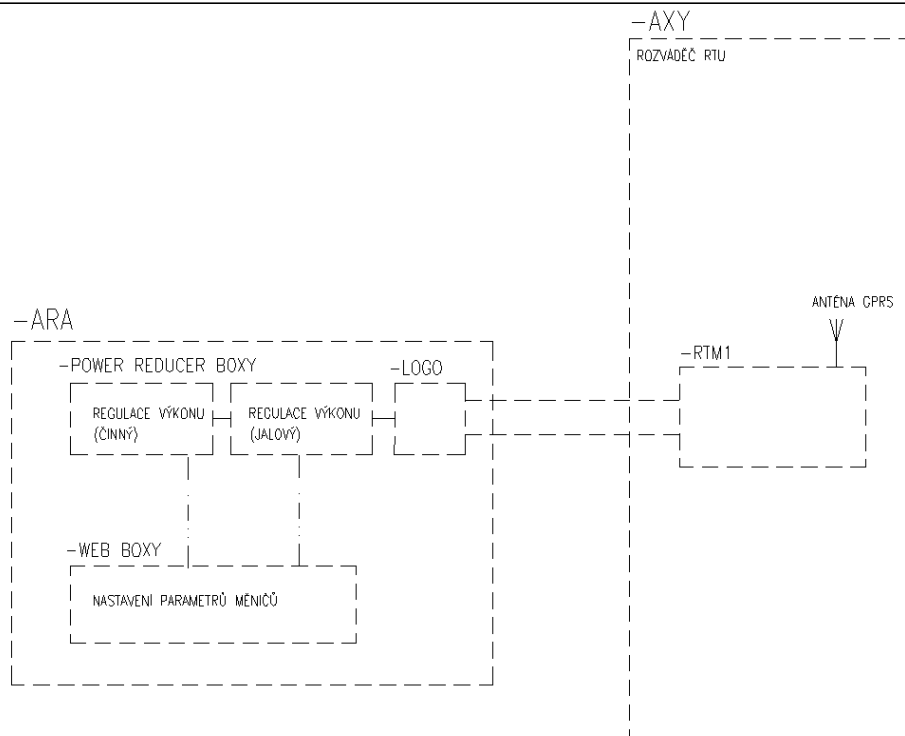
## 2.10 Obchodní měření

Obchodní měření je zajištěno pomocí úředně ověřených měřicích transformátorů napětí s převodem  $22/\sqrt{3} / 0,1/\sqrt{3} \text{ kV}$ , t.p. 0,5, 10VA a úředně cejchovaných měřicích transformátorů proudu s převodem 50/5A, t.p 0,5s, 10VA.

## 2.11 Řízení činného a jalového výkonu

FV zdroj je vybaven zařízením pro dálkové řízení činného a jalového výkonu z dispečinku E.ON (viz Obrázek 4).





Obrázek 4: Dálkové řízení výkonu (činný, jalový) z dispečinku E.ON

Pro FVE postačuje v běžných případech řízení jalového výkonu z dispečinku v následujících stupních:

$\cos\varphi = 0,95$  induktivní

$\cos\varphi = 0,97$  induktivní

$\cos\varphi = 1$

$\cos\varphi = 0,97$  kapacitní

$\cos\varphi = 0,95$  kapacitní

Dálkové řízení činného výkonu bude provedeno v následujících stupních:

0% jmenovitého výkonu

30% jmenovitého výkonu

60% jmenovitého výkonu

100% jmenovitého výkonu (základní provozní stav).

### 3 KONTROLA JIŠTĚNÍ VODIČŮ A ZAŘÍZENÍ

#### 3.1 Napájecí kabel:

V této kapitole zvolíme typ a průřez přívodního VN kabelu. Následně ho výpočtem ověříme na účinky zkratového proudu a na oteplení vodiče při zkratu.

Proud tekoucí VN kabelem:

$$I_{pv} = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_{ns} \cdot \cos j} = \frac{1461 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 40,36 A \quad (3.0)$$

Zvolený kabel:

3x(22-AXEKVCEY 12,7/22 (25) kV 1 x 240 RM/25 DRAKA)

#### Elektrická data při +20 °C | Electrical data at +20 °C

Počet žil x průřez jádra (mm <sup>2</sup> )	Odpor jádra max. (Ω/km)	Odpor stínění max. (Ω/km)	Indukčnost v troj- úhelníku/rovině* (mH/km)	Kapacita (μF/km)	Nabíjecí proud/fáze (A/km)
1 x 240/25	0,125	0,727	0,36/0,54	0,44	1,8

#### Jmenovitý proud | Current rating

Počet žil x průřez jádra (mm <sup>2</sup> )	Proudová zatíži- telnost při tep- lotě jádra 65 °C v zemi* (A)	Proudová zatíži- telnost při teplotě jádra 65 °C na vzduchu* (A)	Proudová zatíži- telnost při teplotě jádra 90 °C na vzduchu* (A)	Max. zkratový proud jádra během 1 s při počáteční teplotě 65 °C (kA)	Max. zkratový proud jádra během 1 s při počáteční teplotě 90 °C (kA)
1 x 240/25	385	400	490	25,0	22,7

Obrázek 5: Vlastnosti VN kabelu

Trvalá přípustná teplota jádra . . . . . +90 °C

Přípustná teplota jádra v případě zkratu . . . . . +250 °C

#### 3.1.1 Kontrola vodiče podle účinků zkratových proudů:

Dle ČSN EN 60 909-0 čl.4.2 [6] se největší počáteční souměrný rázový zkratový proud  $I_k''$  projeví v běžném případě při 3F zkratu.

Impedance sítě: ČSN EN 60 909-0 čl. 3.2 [6]

$$Z_{Q22kV} = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I_{kQ}''} = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_{nQ}}} = \frac{c \cdot U_{nQ}^2}{S_k} = \frac{1,1 \cdot (22 \cdot 10^3)^2}{1000 \cdot 10^6} = 0,5324 \Omega$$

$$X_Q = 0,995 Z_Q = 0,5297 \Omega$$

$$R_Q = 0,1 X_Q = 0,05297 \Omega$$

$$\bar{Z}_{Q22kV} = (0,05297 + j0,5297) \Omega$$

Napěťový součinitel dle Tab.1 s respektováním čl.2.4  $c_{\max}=1,1$

Impedance kabelu: dle ČSN EN 60 909-0 čl. 3.4 [6]

uvažuje se při teplotě 20 °C

$$\bar{Z}_{k22kV} = (R + jX_k) \cdot l = (R + jwL) \cdot l = (0,125 + j2 \cdot p \cdot 50 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,6 =$$

$$= (0,2 + j0,18096) \Omega$$

$$Z_{k22kV} = \sqrt{R^2 + X_k^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,18096^2} = 0,1977 \Omega$$

Výsledná impedance pro výpočet:

$$\bar{Z}_c = \bar{Z}_{k22kV} + \bar{Z}_{Q22kV} = (0,2 + j0,1896) + (0,05297 + j0,5297) = (0,25297 + j0,7193) \Omega$$

$$Z_c = \sqrt{R^2 + X_k^2} = \sqrt{0,25297^2 + 0,7193^2} = 0,7625 \Omega$$

Počáteční souměrný rázový zkratový proud ve 3f zkratu:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_c} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,7625} = 18,324 \text{ kA}$$

Ekvivalentní oteplovací proud: ČSN EN 60865-1 čl.3.2.2 [7]; ČSN EN 60909-0 čl.4.8 [6]

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} = 18,324 \cdot \sqrt{0,45+1} = 22,065 \text{ kA}$$

Hodnoty potřebné pro určení **m, n**:

Součinitel pro výpočet ustáleného zkratového proudu dle ČSN EN 60909-0 čl.4.3.1.1 [6]

$$k = 1,02 + 0,98e^{-3\frac{R}{X}} = 1,02 + 0,98e^{-3\frac{0,253}{0,719}} = 1,361$$

Součinitel **m** dle ČSN EN 60909-0 obr. 21:  $k = 1,3610$   $T_k = 0,8s$ ;  $m = 0,45$ .

Součinitel **n** dle ČSN EN 60865-1 čl.3.2.2: distribuční síť:  $n = 1$ .

### 3.1.2 Kontrola oteplení vodičů při zkratu

Minimální průřez vodiče: ČSN 381754 čl.42 [8]

Poznámka: značky jsou upraveny dle ČSN EN 60909-0, kde  $I_{ke} = I_{th}$ ;  $T_k = t_k$ .

$$S = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{T_k}}{k} = \frac{22065 \cdot \sqrt{0,8}}{91,1406} = 216,539 \text{ mm}^2 \quad (3.6)$$

$$k = \sqrt{\frac{(J+20) \cdot c_0}{r_{20}} \cdot \ln \frac{J+J_k}{J+J_1}} = \sqrt{\frac{(228+20) \cdot 2,417 \cdot 10^{-6}}{0,02941 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \frac{228+250}{228+90}} = 91,1406 \quad (3.7)$$

kde:

$J$  ... fiktivní teplota vodiče podle materiálu vodiče

hliník:  $J = 228^\circ\text{C}$

$c_0$  ... specifické teplo při  $0^\circ\text{C}$

hliník:  $c_0 = 2,417 \text{ Jcm}^{-3}\text{C}^{-1}$

$r_{20}$  ... specifický odpor při  $20^\circ\text{C}$

hliník:  $r_{20} = 0,02941 \text{ } \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$

$J_1$  ... teplota vodiče před zkratem/ trvalá přípustná teplota jádra

$J_1 = 90^\circ\text{C}$

$J_k$  ... maximální dovolená teplota vodiče při zkratu

$J_k = 250^\circ\text{C}$

Výsledek kontroly navrženého přívodního kabelu je, že vyhovuje z hlediska oteplení při zkratu. Vzhledem k tomu, že proudová zatížitelnost kabelu v zemi udaná výrobcem je 385A a skutečné zatížení bude 41A, předpokládá se, že kabel vyhovuje na oteplení vodiče i bez výpočtu.

## 3.2 Návrh transformátoru

### 3.2.1 Vstupní hodnoty

Celkový instalovaný výkon

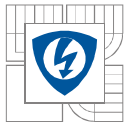
$P_i = 1\,461\,000 \text{ Wp}$

Střední hodnota účinnku

$\cos j_{st} = 0,95$

Rezerva v instalovaném výkonu

$g = 1 (0\%)$



Výpočet minimálního instalovaného výkonu pracovních transformátorů: dle ČSN 341610 [9]

$$S_T = \frac{P_i}{g \cdot \cos j_{stř}} = \frac{1461 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,95} = 1,5379 \cdot 10^6 \text{ VA} \quad (3.8)$$

### 3.2.2 Minimální výkon transformátoru

$$S_n \geq \frac{S_t}{n} \Rightarrow S_n \geq \frac{1,5379 \cdot 10^6}{1} \Rightarrow S_n \geq 1538 \text{ kVA} \quad (3.9)$$

### 3.2.3 Návrh transformátoru

Z předchozího výpočtu je patrné, že musíme být zvolen olejový transformátor o nominálním výkonu minimálně 1600 kVA, proto byl vybrán typ (viz. Tabulka 1.)

Typ	Jm. výkon	P <sub>o</sub>	P <sub>k</sub>	u <sub>k</sub>	L <sub>pA</sub>	D	Š	V	Hmotnost	Z toho olej
	[kVA]	[W]	[W]	[%]	[dB]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg]
DOTXL 1600H/20	1600	950	11500	6,3	55	1730	1110	2040	4790	1020

Tabulka 6: Parametry transformátoru

## 3.3 Způsob propojení rozváděče NN a svorek transformátorů

Zvolený vodič:

Pásovina Cu 2x100x10 => S=2000 mm<sup>2</sup>

Pro určení velikostí přípojníc je třeba vypočítat zkratový proud, aby bylo možné jej určit, musí být nejprve přepočtena impedance sítě na stranu napětí 400V:

Impedance sítě: ČSN EN 60 909-0 čl. 3.2 [6]

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{Q400} &= \bar{Z}_{Q22kV} \cdot \left( \frac{U_{nQ1}}{U_{nQ2}} \right)^2 = (0,05297 + j0,5297) \cdot \left( \frac{400}{22 \cdot 10^3} \right)^2 = \\ &= (1,7511 \cdot 10^{-5} + j1,7511 \cdot 10^{-4}) \Omega \end{aligned} \quad (3.10)$$

Impedance kabelu: dle ČSN EN 60 909-0 čl. 3.4 [6]

$$\bar{Z}_{k400} = \bar{Z}_{k22kV} \cdot \left( \frac{U_{nQ1}}{U_{nQ2}} \right)^2 = (0,2 + j0,18096) \cdot \left( \frac{400}{22 \cdot 10^3} \right)^2 = (6,6115 \cdot 10^{-5} + j5,9821 \cdot 10^{-5}) \Omega \quad (3.11)$$

Impedance transformátoru: dle ČSN EN 60 909-0 [6]

$$\begin{aligned}
 Z_{T400} &= \frac{u_k}{100\%} \cdot \frac{U_n^2}{S_{nT}} = \frac{6,3}{100} \cdot \frac{400^2}{1600 \cdot 10^3} = 0,0063 \, \Omega \\
 R_T &= \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2} = \frac{11,5 \cdot 10^3}{3 \cdot (2,309 \cdot 10^3)^2} = 0,00072 \, \Omega \\
 I_{rT} &= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1600 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2,3094 \cdot 10^3 \, A \\
 X_T &= \sqrt{\bar{Z}_{T400}^2 - R_T^2} = \sqrt{0,0063^2 - 0,00072^2} = 0,0063 \, \Omega \\
 \bar{Z}_{T400} &= (R_T + jX_T) = (0,00072 + j0,0063) \, \Omega
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

Výsledná impedance pro výpočet:

Pro výslednou impedanci obvodu zanedbám impedance přípojnice VN a kabel mezi transformátorem a VN rozváděčem, vzhledem k jejich zanedbatelné impedanci po přepočtu na 400V.

$$\begin{aligned}
 \bar{Z}_c &= \bar{Z}_{Q400} + \bar{Z}_{k400} + 0,5 \cdot \bar{Z}_{T400} \\
 \bar{Z}_c &= (1,7511 \cdot 10^{-5} + j1,7511 \cdot 10^{-4}) + (6,6115 \cdot 10^{-5} + j5,9821 \cdot 10^{-5}) + \\
 &+ 0,5 \cdot (0,00072 + j0,0063) \\
 \bar{Z}_c &= (0,00044 + j0,0034) \, \Omega \\
 Z_c &= \sqrt{R^2 + X_k^2} = \sqrt{0,00044^2 + 0,0034^2} = 0,0034 \, \Omega
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

Počáteční souměrný rázový zkratový proud ve 3f zkratu:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_c} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,0034} = 74,715 \, kA$$

Ekvivalentní oteplovací proud: ČSN EN 60865-1 čl.3.2.2 [7]; ČSN EN 60909-0 čl.4.8 [6]

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} = 74715 \cdot \sqrt{0,2205+1} = 82,542 \, kA \tag{3.14}$$

Hodnoty potřebné pro určení **m**, **n**:

Součinitel pro výpočet ustáleného zkratového proudu dle ČSN EN 60909-0 čl.4.3.1.1 [6]

$$k = 1,02 + 0,98e^{-3 \frac{R}{X}} = 1,02 + 0,98e^{-3 \frac{0,00044}{0,0034}} = 1,6846 \tag{3.15}$$

Součinitel **m** dle ČSN EN 60909-0 obr. 21:  $k = 1,6846 \, T_k=5s$ ; **m**=0,22

Součinitel **n** dle ČSN EN 60865-1 čl.3.2.2: distribuční síť: **n**=1

### 3.3.1 Kontrola oteplení vodičů při zkratu

Minimální průřez vodiče: ČSN 381754 čl.42 [8]

Poznámka: značky jsou upraveny dle ČSN EN 60909-0 [6], kde  $I_{ke}=I_{th}$ ;  $T_k=t_k$ .

$$S = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{T_k}}{k} = \frac{82542 \cdot \sqrt{5}}{162,630} = 1134,863 \text{ mm}^2 \quad (3.16)$$

$$k = \sqrt{\frac{(J+20) \cdot c_0}{r_{20}} \cdot \ln \frac{J+J_k}{J+J_1}} = \sqrt{\frac{(234,5+20) \cdot 3,5}{0,01786} \cdot \ln \frac{234,5+300}{234,5+80}} = 104,8117 \quad (3.17)$$

kde:

$J$  ... fiktivní teplota podle materiálu vodiče

měď:  $J = 234,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$c_0$  ... specifické teplo při  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$

měď:  $c_0 = 3,5 \text{ Jcm}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$r_{20}$  ... specifický odpor při  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$

měď:  $r_{20} = 0,01786 \text{ } \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$

$J_1$  ... teplota vodiče před zkratem/ trvalá přípustná teplota jádra

$J_1 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$

$J_k$  ... maximální dovolená teplota vodiče při zkratu

$J_k = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$

Výsledek kontroly navrženého přívodu je, že vyhovuje z hlediska oteplení při zkratu.

### 3.4 Kontrolní výpočet v programu SICHR

Výpočet pro navržení typu vodičů a jejich dimenzování je velice zdlouhavý a pro praktické použití nevhodný. Proto se v běžné praxi používá vhodný software, který všechny potřebné výpočty a kontroly provede automaticky, podle zadaných parametrů. Jeden z vhodných programů pro tento kontrolní výpočet je program SICHR. Tento program je schopen pracovat ve třech základních pracovních režimech:

- selektivita
- impedance
- charakteristika

V režimu impedance je program schopen vypočítat pro stanovený vypínací čas  $t_v$  maximální dovolenou hodnotu impedanční smyčky, danou vypínací charakteristikou jistícího, napětí vůči zemi, které porovnává s vypočtenou hodnotou impedanční smyčky projektového rozvodu. V případě překročení hodnoty impedance vypínací smyčky nad dovolenou mez, je v programu červeně zobrazena varovná zpráva.

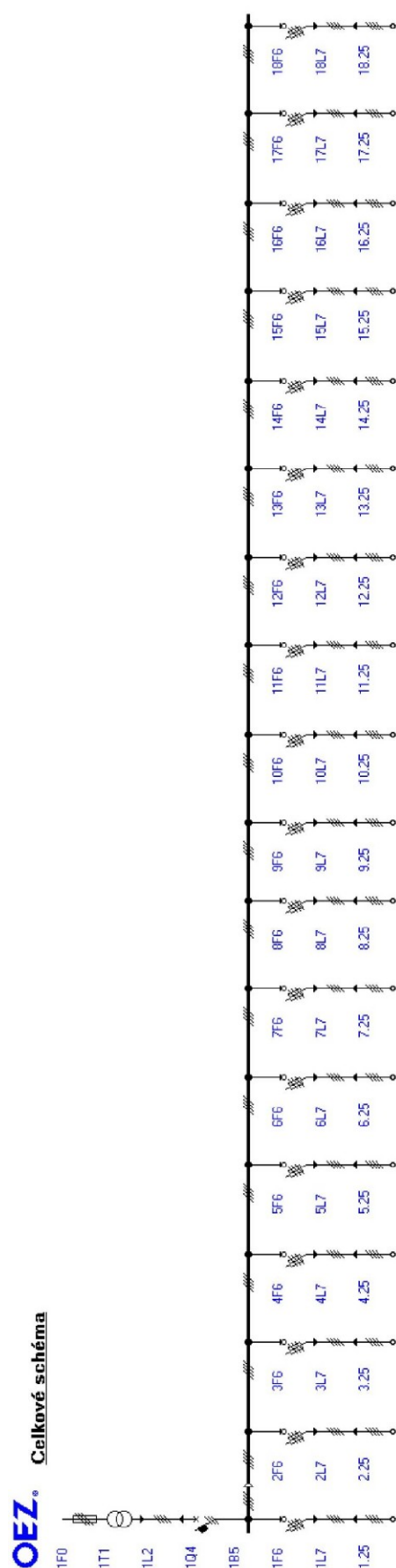
Po spuštění programu je možnost výběru z několika šablon, u kterých lze zvolit typ sítě a napěťovou hladinu. Poté lze soubor pojmenovat, uložit a následně začít pracovat v samotném programu. Kromě možností zadávání formálních údajů jakou jsou datum a název projektu, umožňuje program také provést v menu osobní nastavení, některá uživatelská nastavení a také

nastavit limitní hodnoty úbytku napětí a zemního odporu  $Z_e$ . Program SICHR řeší paprskovou síť NN včetně napájecího VN přívodu, kde jsou jednotlivé paprsky ukončeny vývody. V základním nastavení má každý paprsek 25 pozic, přičemž napájecí bod je umístěn na první pozici a koncový vývod na poslední pozici (25). Jednotlivé prvky schématu je možné vkládat na ostatní pozice. Lze zobrazit celkové schéma nebo můžeme přepínat mezi jednotlivými paprsky. Jednotlivé prvky můžeme vybírat z přístrojů vyráběných OEZ Letohrad, kabelů a transformátorů, které jsou obsaženy v databázi programu. Tyto prvky můžeme dále vkládat do schématu.

Kontrola splnění podmínek pro zajištění automatického odpojení od zdroje při poruše probíhá v režimu impedance. Zde je možné zadat požadovanou dobu odpojení. Program vyčísluje dvě hodnoty impedance smyček. Z impedancí všech vložených prvků je vypočtena celková hodnota. Program počítá i se zvýšením impedance vlivem ohřátí vodičů poruchovým proudem. Z charakteristiky jistícího prvku je odvozena hodnota impedance poruchové smyčky, která vyjadřuje maximální možnou velikost impedance pro daný vypínací čas. Obě tyto impedance smyček jsou průběžně porovnávány a výsledek je uváděn výpisem ve schématu paprsku.

Na následujících stránkách je celkové schéma rozvodny nízkého napětí (viz. Obrázek 6) vygenerované v prostředí SICHRU. Dále je zde ukázka kontroly selektivity jistění prvního paprsku (viz. Obrázek 7), kontrola impedančních smyček (viz. Obrázek 8) a vypínací charakteristiky jednotlivých jistících prvků prvního paprsku (viz. Obrázek 9).





Obrázek 6: Celkové schéma

**OEZ.**

### Selektivita jištění

	Přístroj	Poznámka	Sít TN, Un = 230 / 400 V
1F0			
1T1	SGB DOTUL 1600H 22/0.40 In = 2309 A Sr = 1600 kVA Ik'' = 36.5 kA U2 = 231/400 V dU = 3.4 % uk = 6 % ip = 85.4 kA	VN pojistky PM45, 22/25kV, 80A <b>Transformátor 22/0.4 kV</b>	
1L2	5II1-CHBU 1x240Iz = 2713.3 A tm = 83 ° C dU = 0.2 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 82.5 kA	5 m ve vzduchu (E,F) <b>Kabelové vedení mezi transformátorem a NN rozvaděčem</b>	
1Q4	Arion WL12.N.ETU27B In = 2500 A Ir = 2250 A Icu = 66 kA 1F0-1Q4 zaručena plná selektivita	Ir = 0.90xIn, I <sub>sd</sub> = 3xIn, t <sub>sd</sub> = 20 ms <b>Hlavní jistič</b>	
1B5	Sběrnice B = 1 U = 386 V (Un - 3.5%)	Ik'' = 35.7 kA ip = 82.5 kA <b>Sběrnice z CU pasu</b>	
1F6	PN2qG In = 125 A 1Q4-1F6 zaručena plná selektivita	Icc = 120 kA <b>Jištění vývodu</b>	
1L7	1-AYKY 3x240+120 Iz = 339.3 A tm = 25 ° C dU = 1.5 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> io = 6.62 kA	221 m v zemi (D) <b>Kabel vývodu</b>	
1.25	Vývod P = 70 kW xB = 70 kW cos fi = 0.95 I = 106 A U = 381 V (Un - 4.7%) B = 1 io = 6.62 kA	<b>Rozvaděč R1</b>	

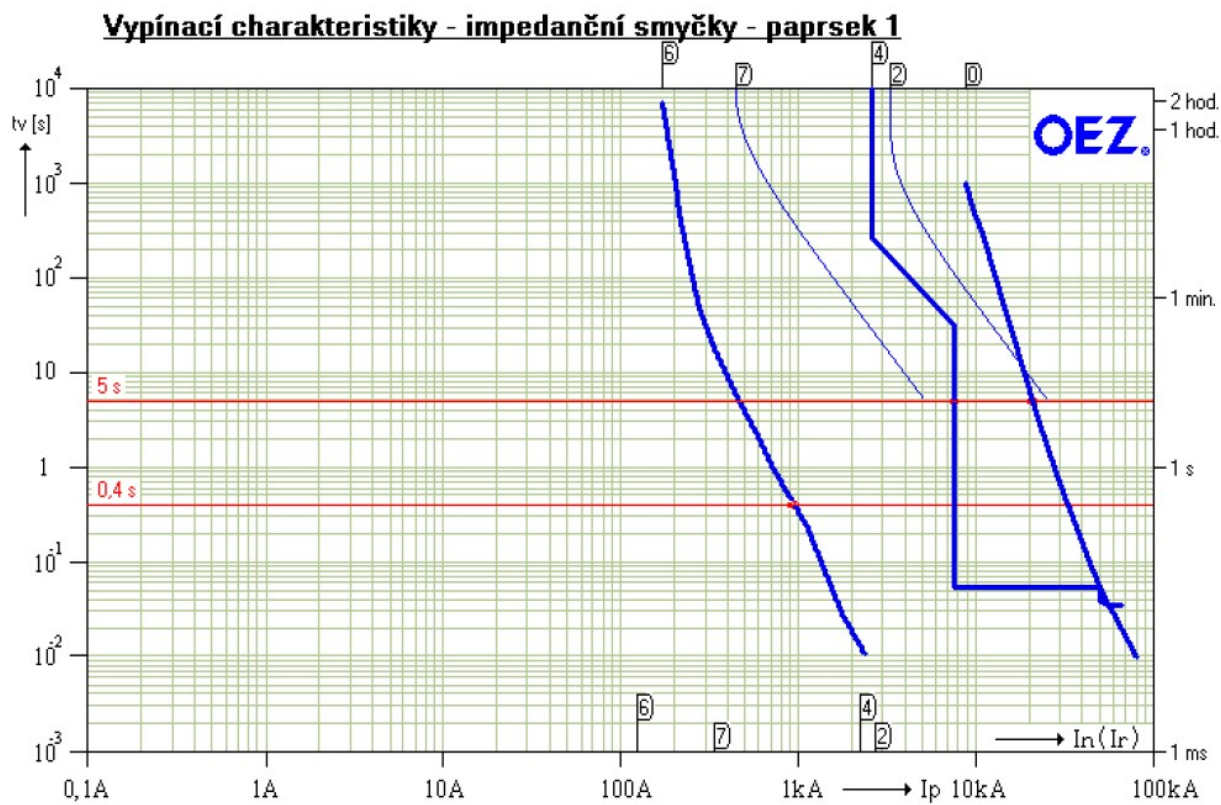
Obrázek 7: Selektivita jištění paprsku 1

**OEZ.**

### Impedanční smyčky

	Přístroj	Poznámka	Sít TN, Un = 230 / 400 V
1F0			
1T1	SGB DOTUL 1600H 22/0.40 In = 2309 A Sr = 1600 kVA Ik'' = 36.5 kA Zs(5s) = 10 mΩhm (Ia = 23.02 kA)	VN pojistky PM45, 22/25kV, 80A <b>Transformátor 22/0.4 kV</b>	
1L2	5II1-CHBU 1x240Iz = 2713.3 A tm = 83 ° C dU = 0.2 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> Ik'' = 35.7 kA	O.K. Zsv < Zs(5s) ( 6.64 mΩhm < 10.0 mΩhm ) <b>Kabelové vedení mezi transformátorem a NN rozvaděčem</b>	
1Q4	Arion WL12.N.ETU27B In = 2500 A Ir = 2250 A Icu = 66 kA Zs(5s) = 28 mΩhm (Ia = 8.29 kA)	Ir = 0.90xIn, I <sub>sd</sub> = 3xIn, t <sub>sd</sub> = 20 ms <b>Hlavní jistič</b>	
1B5	Sběrnice B = 1 U = 386 V (Un - 3.5%)	Ik'' = 35.7 kA ip = 82.5 kA <b>Sběrnice z CU pasu</b>	
1F6	PN2qG In = 125 A Zs(0.4s) = 219 mΩhm (Ia = 1.05 kA)	Icc = 120 kA io = 12.3 kA <b>Jištění vývodu</b>	
1L7	1-AYKY 3x240+120 Iz = 339.3 A tm = 25 ° C dU = 1.5 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> io = 6.62 kA	O.K. Zsv < Zs(0.4s) ( 96.3 mΩhm < 219 mΩhm ) <b>Kabel vývodu</b>	
1.25	Vývod P = 70 kW xB = 70 kW cos fi = 0.95 I = 106 A U = 381 V (Un - 4.7%) B = 1 io = 6.62 kA	O.K. Zsv < Zs(0.4s) ( 96.3 mΩhm < 219 mΩhm ) <b>Rozvaděč R1</b>	

Obrázek 8: Impedanční smyčky paprsku 1



Obrázek 9: Vypínací charakteristiky paprsku 1

## 4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Projektová dokumentace je zpracována dle platných technických předpisů, norem, katalogů výrobců a návodů pro montáž jednotlivých zařízení, platných v době zpracování projektové dokumentace. Dále projekt respektuje všechny náležitosti dle oborových zvyklostí, zásady směrnic a požadavky.

### 4.1 Seznam dokumentace

- A. Přehledová schémata**
  - A1. Mapa vyvedení výkonu
  - A2. Jednopolové schéma přenosu
  - A3. Návrh trafostanice
  - A4. Uzemnění trafostanice
  - A5. Uložení VN a NN kabelů
  - A6. Schéma použitých kabelů
- B. Řídicí systém a měření**
  - B1. Rozváděč obchodního měření AQQ
  - B2. Rozváděč řídicího systému - AXY
- C. VN rozváděč**
  - C1. Přehledové schéma
- D. Vlastní spotřeba**
  - D1. Zdroj 110V DC +ANM
- E. NN rozváděč**
  - E1. Rozváděč NN +RH

Výkresová dokumentace je členěna dle bodu 5.1 a je uvedena v příloze této práce.

## 5 REVIZE NAVRŽENÉHO ROZVODU

### 5.1 Rozsah revize

Předmětem této revize je pouze provedení pevné elektrické instalace VN, NN a umístění, elektrické připojení zařízení vyvedení výkonu FVE počínaje kabelovou přípojkou VN paralelně připojenou k distribuční soustavě od bodu venkovního vedení 22 kV po trafostanici TS01, rozváděč VN +AJA01 (přívodové pole) a +AJA02 (pole obchodního měření), dále pevnou elektrickou instalaci a zařízení zděné trafostanice TS01 s částí rozvodny VN +AJA01 - +AJA03 (+AJA01 rozpadové místo FVE, +AJA02 měřicí transformátory fakturačního měření FVE, +AJA03 pole transformátoru), s částí umístění transformátoru 22/0,4 kV +T21, s částí NN vyvedení výkonu FVG, +RH1.1, s částí zajištěné vlastní spotřeby +ANM, částí nezajištěné vlastní spotřeby +RH1.2 a RH1.3 včetně sekundárních obvodů chránění, ovládání (DS +AXY01), měření (fakturační +AQQ) a signalizace.

### 5.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je řešena v souladu s uvedenou projektovou dokumentací dle ČSN EN 61140 ed. 2 (EN61140) a jeho základním pravidlem, že nebezpečné živé části nesmí být přístupné a přístupné vodivé části nesmí být nebezpečně živé ani za normálních podmínek, ani za podmínek jedné poruchy.

Ochrana za normálních podmínek je zajištěna základní ochranou a ochrana za podmínek jedné poruchy je zajištěna ochranou při poruše.

Prostředky zvýšené ochrany zajišťují ochranu za obou podmínek.

Dále je pak ochrana před úrazem elektrickým proudem řešena v závislosti na druhu instalace nebo sítě v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 (pro instalace NN), ČSN 33 3201 (pro instalace nad 1kV), a PNE 33 0000-1.

#### Použité ochranné opatření:

Základním ochranným opatřením je:

Ochrana samočinným (automatickým) odpojením od zdroje. (ČSN EN 61140 ed.2, čl. 6.1).

Ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací (ČSN EN 61140 ed.2, čl. 6.1).

#### Základní ochrana (Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí)

Zařízení vyhovuje následujícím ochranám:

- Ochrana izolací živých částí.
- Ochrana kryty nebo přepážkami.
- Ochrana zábranou.
- Ochrana doplňkovou izolací (prostředek zvýšené ochrany).

### Ochrana při poruše (Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí)

Zařízení vyhovuje následujícím ochranám:

- Ochrana samočinným odpojením od zdroje, ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích, ve kterých není střed (uzel) přímo uzemněn. Ochrana v sítích IT (r), síť je kompenzovaná (ČSN 33 2000-5-54). **3 AC 22 kV 50Hz / IT**
- Ochrana samočinným odpojením od zdroje, použitím nadproudových jisticích prvků v sítích TT. **MTN**
- Ochrana samočinným odpojením od zdroje sítě TN nadproudovými prvky. **3/N/PE AC 400/230 V 50Hz / TN-C-S**
- Ochrana samočinným odpojením od zdroje sítě IT nadproudovými prvky s hlídáním zemního spojení. **2 DC 110 V/ IT**
- Pospojování (k uvedení na stejný potenciál, doplňující ochranné pospojování). Všechny vodivé, neživé části musí být vzájemně pospojovány a spojeny se zemí.

### 5.2.1 Systém ochrany před bleskem (LPS)

Ochrana přípojky VN a trafostanic před bleskem je řešena v souladu s uvedenou projektovou dokumentací. Vnější LPS na trafostanici = TS01 zajišťují jímací tyče na střeše a dvojice svodů spojených uzemňovacími přívody se společnou uzemňovací soustavou FVE. Vnitřní ochranu zajišťují svodiče, ochrany SPD.

## 5.3 Rozváděč VN

Označení ve schématu: **+AJA01 - 03**

Provedení:

Rozvodna VN je tvořena samostatným kovově krytým rozváděčem vysokého napětí 24 kV typu UNIFLUVAC (ARÉVA) o třech polích, s jedním systémem přípojnic, s pevně namontovaným vypínačem v poli č. 1, jmenovitých parametrů 24 kV, 16 kA, 630 A. Rozváděč je smontován v jedné, volně stojící řadě, vývody, kabely spodem. Montáž kabelů zepředu.

<div></div>		AREVA TaD Italy S.p.A. Strada Comunale della Eraglia, 12 28862 GUARDAMIGLIO (LO) ITALY	
		IEC 62271-200	
Type	UNIFLUVAC		
N° / YEAR	62346 / 2010		
Ua DC	110	V	
Ua AC	-	V	
f	50/60	Hz	
Un	24	kV	
Uw	50	kV	
In	630	A	
Ith 1s	16	kA	
Sf6 P	130	kPa	
m	610	kg	



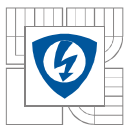
TYPE FLUVAC		<div></div>	<div></div>
N°0004921	2010	IEC 62271-102	IEC 62271-100
Ur	24 kV	Ir 630 A	Ir 630 A
Ud	50 KV	Ik 16 kA	Ik 16 kA
SF6 pre	130 kPa	Ip 40 kA	Ip 40 kA

Obrázek 10: Výrobní štítek VN rozváděče

Umístění:

Prostor rozvodny VN, NN, umístění na ocelovém rámu podlahy, u stěny, dle výkresové dokumentace ve vyhovujícím prostorovém uspořádání.





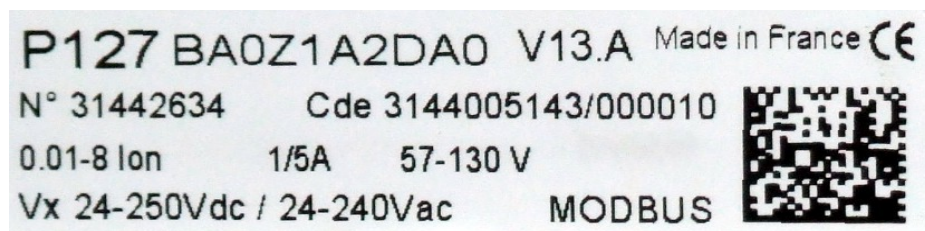
Přípevnění:	Šrouby s metrickým závitem (M8) k rámu kabelového kanálu.
Uzemnění:	Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací soustavou trafostanice v rámci pospojování. AJA01 – vodič pospojování. 1x CYA 120 mm <sup>2</sup> Vodič pospojování – uzemňovací přívod. FeZn 30/4
Napájení ovládání:	(+/- 1.1) 2 DC 110V/ IT. Rozváděč +ANM, obvod -FA4, jistič: C60H-DC, 10C/2, Kabel: WLNМ 0102, CYKY-O 3x4mm <sup>2</sup> , uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

### 5.3.1 Rozváděč VN, ochrana vývodu VN79

#### Digitální nadproudová ochrana

Označení ve schématu: **-F11**

Provedení:	Viz výrobní štítek.
Napájení:	(+/- 1.11) 2 DC 110V/ IT. Rozváděč +ASJ01, obvod -Q2.1, jistič Siemens 5SY42 MCB 10C/2.
Měřený proud:	Viz MTP, +AJA01, -TA/01, b: 50/1, 3x2,5 VA, 5P20.
Měřené napětí:	Viz MTN, AJA02, -TV/02, b: 100/√3, 10 VA, 0,5, Rozváděč +ASJ02, obvod: -Q1.2, jistič: Siemens 5SY43 MCB 6C/3, kabel: WLJA 0204, CYKCY-O 4x2,5 mm <sup>2</sup> , uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.
Působení:	Viz QM, (+/- 1.11) 2 DC 110V/ IT. Rozváděč +ASJ01, obvod -Q1.1, jistič Siemens 5SY42 MCB 6C/2.
Dálkové ovládání:	Only QM, (+/- 1.11) 2 DC 110V/ IT. Rozváděč +ASJ01, obvod -Q1.1, jistič Siemens 5SY42 MCB 6C/2.
Signalizace poruch:	(+/- 1.13y) 2 DC 110V/ IT. Rozváděč +AXY, obvod -FA1.13y, jistič LPN DC 6C/2, Kabel: WSJA 0106, CYKCY-O 19x 1,5 mm <sup>2</sup> , uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.



Obrázek 11: Výrobní štítek ochrany

### 5.3.2 Rozváděč VN, měřicí transformátory

Označení ve schématu: +AJA, -TA, -TV

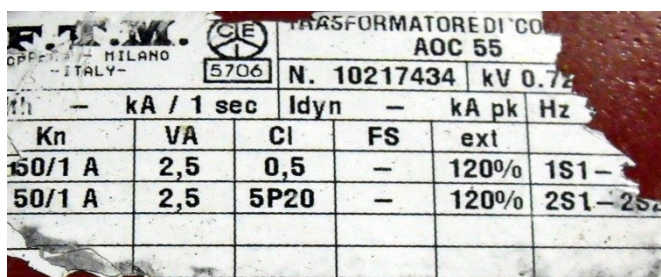
Měřicí transformátor proudu AJA01

Označení ve schématu: +TA/01

Provedení: Viz výrobní štítek.

Vývod sek. MTP: Jádru a: 0-1A - směr: rezerva.

Jádru b: 0-1A - směr +ASJ01, ochrana -F11, kabel: vnitřní propoj, uložení: v rámci rozváděče.



F.T.M. CIE		TRANSFORMATORE DI CO	
OPPERA - MILANO - ITALY -		AOC 55	
5706		N. 10217434 kV 0.72	
kA / 1 sec		Idyn - kA pk Hz	
Kn	VA	Cl	FS
50/1 A	2,5	0,5	-
50/1 A	2,5	5P20	-
			120% 1S1 -
			120% 2S1 - 2S2

Obrázek 12: Výrobní štítek měřicího transformátoru proudu

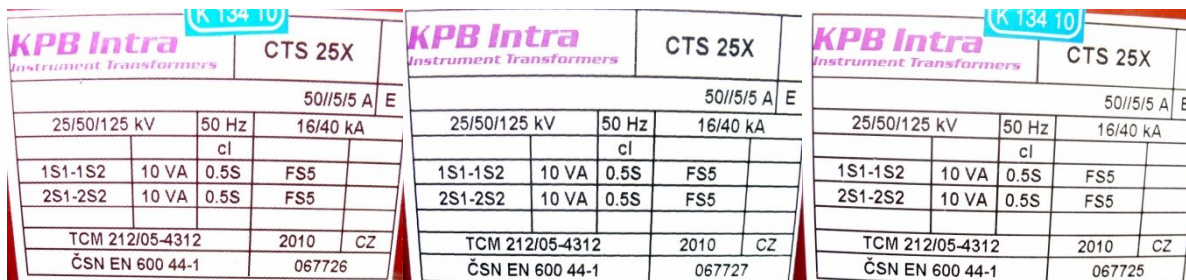
Měřicí transformátor proudu obchodního měření AJA02

Označení ve schématu: +TA/02

Provedení: Viz výrobní štítek.

Vývod sek. MTP: Jádru a: 0-5A (only L1, L3) - směr: +AQQ, elektroměr -PH, kabel: WLJA 0201, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

Jádru b: 0-1A - směr +AXY, Převodník ŘS -UM1, kabel: WLJA 0203, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.



KPB Intra		CTS 25X	
Instrument Transformers		50//5/5 A E	
25/50/125 kV	50 Hz	16/40 kA	
	cl		
1S1-1S2	10 VA	0.5S	FS5
2S1-2S2	10 VA	0.5S	FS5
TCM 212/05-4312	2010	CZ	
ČSN EN 600 44-1	067726		

Obrázek 13: Výrobní štítky měřících transformátorů proudu



### Měřicí transformátor napětí obchodního měření AJA02

Označení ve schématu: **+TV/02**

Provedení: Viz výrobní štítek.

Vývod sek. MTN: Jádru a -  $100/\sqrt{3}$ , 10 VA, 0,5, (only L1, L3) obvod: nejištěno dle požadavků DS, jistič: -, směr: +AQQ, elektroměr -PH, kabel: WLJA 0202, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

Jádru b -  $100/\sqrt{3}$ , 10VA, 0,5, obvod: -Q1.2, jistič: Siemens 5SY43 MCB 6C/3.

Směr: +ASJ01, ochrana -F11, kabel: WLJA 0204, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

KPB Intra Instrument Transformers				KPB Intra Instrument Transformers				KPB Intra Instrument Transformers			
VTS 25				VTS 25				VTS 25			
22000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ V E				22000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ V E				22000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ V E			
25/50/125 kV	50 Hz	300 VA		25/50/125 kV	50 Hz	300 VA		25/50/125 kV	50 Hz	300 VA	
	cl				cl				cl		
1a-1n	10 VA	0.5		1a-1n	10 VA	0.5		1a-1n	10 VA	0.5	
2a-2n	10 VA	0.5		2a-2n	10 VA	0.5		2a-2n	10 VA	0.5	
TCM 212/97-2656				TCM 212/97-2656				TCM 212/97-2656			
2010 CZ				2010 CZ				2010 CZ			
ČSN EN 600 44-2				ČSN EN 600 44-2				ČSN EN 600 44-2			
067728				067977				067976			

Obrázek 14: Výrobní štítky měřicích transformátorů napětí

## 5.4 Rozváděč NN vyvedení výkonu

Označení ve schématu: **TS01+RH1**

Provedení: Nový OCPL typový rozváděč sloužící k napájení a vyvedení výkonu jednotlivých rozváděčů +R v polích FVS a k napájení nezálohovaných, střídavých obvodů vlastní spotřeby 400/230V. Rozváděč je vybaven hlavním jističem technologie vyvedení výkonu -FA1 s elektromotorickým ovládáním ze zálohovaného napětí, sekundární ochranou a podružným měřením.

Umístění: Prostor rozvodny VN, NN, umístění na ocelovém rámu dvojité celooceľové podlahy, u stěny, dle výkresové dokumentace ve vyhovujícím prostorovém uspořádání.

Připevnění: Šrouby s metrickým závitem (M8) k ocelovému rámu dvojité celooceľové podlahy a k betonové stěně kiosku.

Uzemnění: Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací soustavou trafostanice v rámci pospojování.

+RH – vodič pospojování 1x FeZn 30/4

Vodič pospojování – uzemňovací přívod FeZn 30/4

Pospojování +RH CYA 6 - 25 mm<sup>2</sup>

Napájení 400V AC: 3/PEN AC 400/230V 50 Hz / TN-C, Transformátor +T21, 22/04 kV,  
Kabel: 3 x 4 CHBU 150 mm<sup>2</sup> + 3x CYA 120 mm<sup>2</sup>. Uložení kabelů dle ČSN  
33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 14.



Obrázek 15: Výrobní štítek rozváděče nn

#### Hlavní části přívodu:

#### **Hlavní jistič technologické části FVS**

Označení ve schématu: **TS1+RH1.1-FA1**

Provedení: Hlavní jistič technologické části vyvedení výkonu FVS s elektromotorickým pohonem, ovládaný zálohovaným napětím 110V DC, s elektronickou nadproudovou a zkratovou spouští, označení ve schématu: - FA1.

Umístění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

Přípevnění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

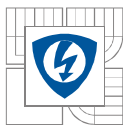
Uzemnění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

Napětí spínané: 3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C, Transformátor +T21, 22/04 kV

Napájení pohonu: 2 DC 110V/ IT (+/- 1.22), Rozváděč: +RH1.2, Obvod: -FAMM, Jistič: LPN-DC 2C/2, Kabel: -, Uložení: -.

Ovládací napájení: 2 DC 110V/ IT (+/- 1.11), Rozváděč: +RH1.2, Obvod: -FA1.11, Jistič: LPN-DC 2C/2, Kabel: -, Uložení: -.

Vývody: (3/N/PE AC 400/230V 50Hz / TN-S), (3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C)



Vývod RH01:				Obvod:		
Číslo:	Prvek:	Typ:	Výrobce:	Č.kabelu	Typ:	Název, směr:
-FQU01	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	-	-	Ochrana SPD, Svodič -FV1
-FQU-C	Pojistky	PV14, 3x 40A gG	OEZ	-	-	Kompenzační kondenzátor +T21
-FQU05	Pojistky	PV10, 3x 2A gG	OEZ	-	-	Měřené napětí pro ochranu -F35
-FQU06	Pojistky	PV10, 3x 6A gG	OEZ	-	-	Měřené napětí pro voltmetr -PV
-FQU03	Pojistky	PV10, 1x 4A gG	OEZ	-	-	Ventilace rozváděče +RH
-FQU31	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0101	AYKY 3x240+120	+R01 / a
-FQU32	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0102	AYKY 3x240+120	+R01 / b
-FQU33	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0103	AYKY 3x240+120	+R01 / c
-FQU34	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0201	AYKY 3x240+120	+R02 / a
-FQU35	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0202	AYKY 3x240+120	+R02 / b
-FQU36	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0203	AYKY 3x240+120	+R02 / c
-FQU37	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0301	AYKY 3x240+120	+R03 / a
-FQU38	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0302	AYKY 3x240+120	+R03 / b
-FQU39	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0303	AYKY 3x240+120	+R03 / c
-FQU40	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0401	AYKY 3x240+120	+R04 / a
-FQU41	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0402	AYKY 3x240+120	+R04 / b
-FQU42	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0403	AYKY 3x240+120	+R04 / c
-FQU43	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0501	AYKY 3x240+120	+R05 / a
-FQU44	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0502	AYKY 3x240+120	+R05 / b
-FQU45	Pojistky	3x 315A gG	OEZ	WLR0503	AYKY 3x240+120	+R05 / c
-FQU46	Pojistky	3x 250A gG	OEZ	WLR0601	AYKY 3x240+120	+R06 / a
-FQU47	Pojistky	3x 250A gG	OEZ	WLR0602	AYKY 3x240+120	+R06 / b
-FQU48	Pojistky	3x 350A gG	OEZ	WLR0701	AYKY 3x240+120	+R07
-FQU02	Pojistky	PV14, 3x 50A gG	OEZ	-	-	Předjištění obvodů vlastní spotřeby
-FA2	Jistič	LPN 10B/1	OEZ	WLRH0101	CYKY-J 3x 1,5	Světelný obvod trafostanice
-FA3	Jistič	LPN 16B/1	OEZ	WLRH0102	CYKY-J 3x 2,5	Přímotop temperování trafostanice
-FA4	Jistič	LPN 16B/1	OEZ	WLRH0101	CYKY-J 3x 2,5	Rozváděč +ARA
-FA5	Jistič	LPN 16B/1	OEZ	WLRH0104	CYKY-J 3x 2,5	Rozváděč +AXY
-FA6	Jistič	LPN 16B/1	OEZ	WLRH0105	CYKY-J 3x 2,5	Rozváděč +AQQ
-FA7	Jistič	LPN 10B/1	OEZ	-	-	Rezerva
-FA8	Jistič	LPN 16B/1	OEZ	-	-	EZS - není předmětem této revize
-FA9	Jistič	LPN 32C/3	OEZ	WLRH0106	CYKY-J 5x 6	Rozváděč +ANM (usměrňovač)
-FI1	Cránič	OFI-40-4-030AC	OEZ	-	-	Chráníč vývodů FA10-FA13
-FA10	Jistič	LPN 16B/2	OEZ	WLRH0108	CYKY-J 3x 2,5	Zásuvkový obvod 230V I (EZ2)
-FA11	Jistič	LPN 16B/2	OEZ	-	CY 2,5	Zásuvkový obvod 230V II (EZ1)
-FA12	Jistič	LPN 16C/4	OEZ	WLRH0109	CYKY-J 5x 2,5	Zásuvka 400V, 16A

Tabulka 7: Seznam vývodů rozváděče +RH1

## 5.5 Rozváděč NN, sekundární ochrana FVE

### Ochrana sekundární části FVS RH1

Označení ve schématu: **TS1+RH1.2-F35**

Provedení: Elektronická ochrana splňující požadavky DS na systém chránění v části NN FVS. Ochranné funkce:  $U_{>}$ ,  $U_{<}$ ,  $f_{>}$ ,  $f_{<}$ .

Umístění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

Přípevnění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

Uzemnění: Součást výrobku, jmenovaného rozváděče.

Napájení: 2 DC 110V/ IT (+/- 1.1F), Rozváděč: +RH1.2, Obvod: -FA1.11F, Jistič: LPN-DC 2C/2, Kabel: -, Uložení: -.

Působení:	2 DC 110V/ IT (+/- 1.11), Rozváděč: +RH1.2, Obvod: -FA1.11, Jistič: LPN-DC 2C/2, Kabel: -, Uložení: -, Aktor: +RH1.1, -FA1.
Měřené spínané:	3/N/PE AC 400/230V 50Hz / TN-S, Rozváděč: +RH1.2, Obvod: -FQU05, Pojistkový odpojovač: OPV10/3, Pojistka: 3x 2A gG, Kabel: -, Uložení: -.

## 5.6 Rozváděč vlastní spotřeby DC

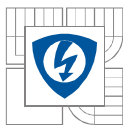
Označení ve schématu: **TS01,+ANM**

Provedení:	Nový OCPL typový rozváděč typu D400 G108-15B sloužící k napájení zařízení stejnosměrným napětím 110V DC se záložním akumulátorem, umístěným uvnitř skříně pro zajištění trvalého napájení i při výpadku napětí sítě. Obsahuje sadu baterií a vývody pro napájení technologie zálohovaným napětím.		
Umístění:	Prostor rozvodny VN, NN, umístění na ocelovém rámu dvojité celoodcelové podlahy, u stěny, dle výkresové dokumentace ve vyhovujícím prostorovém uspořádání.		
Přípevnění:	Šrouby s metrickým závitem (M8) k ocelovému rámu dvojité celoodcelové podlahy.		
Uzemnění:	Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací soustavou trafostanice v rámci pospojování.		
	+ANM – vodič pospojování	1x CYA 25 mm <sup>2</sup>	
	Vodič pospojování – uzemňovací přívod	FeZn 30/4	
	Pospojování ANM	CYA 6 mm <sup>2</sup>	
Napájení 400V AC:	3/N/PE AC 400/230V 50Hz / TN-S, Rozváděč +RH1.3, Obvod -FA9, Jistič LPN, 32C/3, Kabel WLRH0106, CYKY-J 5x 6 mm <sup>2</sup> . Uložení kabelů dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.		
Vývody:	(2 DC 110V/ IT).		

Typ přístroje	D400-G108-15B
Výrobce	Kumer Prag. s.r.o.
Vstupní napětí	3x400V /N/PE
Vstupní proud	3A
Příkon	2000W
Výstupní napětí	108V
Výstupní proud	15A
Krytí	IP40
Rozměry š x v x h	600x600x 2000
Výrobní číslo	1345-0610/2010
Vyrobena	102010



Obrázek 16: Výrobní štítek rozváděče vlastní stejnosměrné spotřeby



Vývod ANM:				Obvod:		
Číslo:	Prvek:	Typ:	Výrobce:	Č.kabelu	Typ:	Název, směr:
-FA2	Jistič	C60H-DC 20C/2	Schneider	-	-	Baterie 110V/33Ah
-FA3	Jistič	C60H-DC 10C/2	Schneider	WLN0101	CYKY-O 3x 4	Rozváděč +AXY
-FA4	Jistič	C60H-DC 10C/2	Schneider	WLN0102	CYKY-O 3x 4	Rozváděč +AJA01 (ASJ01)
-FA5	Jistič	C60H-DC 10C/2	Schneider	WLN0103	CYKY-O 3x 4	Rozváděč +RH1
-FA6	Jistič	C60H-DC 16C/2	Schneider	-	-	Rezerva

Tabulka 8: Seznam vývodů rozváděče +ANM

## 5.7 Rozváděč dispečerského řízení DS E-ON

Označení ve schématu: **TS01, +AXY**

**Provedení:** Nový OCPL typový rozváděč typu DS, řídicího systému je určen pro osazení monitorovacího - dohledového a komunikačního zařízení distribuční společnosti. V rozváděči se tvoří signalizační napětí a lze z něj ovládat vypínač VN, pole AJA01. Rozváděč je typovým výrobkem, základní technické údaje viz štítek (zařízení distribuční společnosti).

**Umístění:** Prostor rozvodny VN, NN, umístění na zdi ve výšce cca 1600 mm, dle výkresové dokumentace ve vyhovujícím prostorovém uspořádání.

**Přípevnění:** Šrouby do zdiva.

**Uzemnění:** Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací soustavou trafostanice v rámci pospojování.

AXY – vodič pospojování 1x CYA 25 mm<sup>2</sup>

Vodič pospojování – uzemňovací přívod FeZn 30/4

Pospojování AXY CYA 6 mm<sup>2</sup>

**Napájení 230V AC:** 1/N/PE AC 230V 50Hz / TN-S, Rozváděč: +RH1.3, Obvod: -FA5, Jistič: LPN, 16B/3, Kabel: WLRH 0104, CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup>. Uložení kabelů dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

**Napájení 110V DC:** 2 DC 110V/ IT, Rozváděč: +ANM, Obvod -FA3, Jistič: C60H-DC, 10C/2, Kabel: WLN0101, CYKY-O 3x4 mm<sup>2</sup>. Uložení kabelů dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

**Měřený proud:** viz MTP, +AJA02, -TA/02, b: 50/5, 10VA, 0,5, kabel: WLJA 0203, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

**Měřené napětí:** viz MTN, AJA02, -TV/02, b: 100/√3, 10VA, 0,5, Rozváděč +ASJ02, obvod: -Q1.2, jistič: Siemens 5SY43 MCB 6C/3, kabel: (z ASJ01-F11) WLJA 0102, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.





Obrázek 17: Výrobní štítek rozváděče dispečerského řízení

## 5.8 Rozváděč obchodního měření

Označení ve schématu: **TS01, +AQQ**

**Provedení:** Nový OCPL typový rozváděč je určen pro osazení měřicí soupravy obchodního měření. Rozváděč je typovým výrobkem, základní technické údaje viz štítek (zařízení distribuční společnosti).

**Umístění:** Vně trafostanice VN, NN, umístění na zdi ve výšce cca 1600 mm, dle výkresové dokumentace ve vyhovujícím prostorovém uspořádání.

**Přípevnění:** Šrouby do zdiva.

**Uzemnění:** Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací soustavou trafostanice v rámci pospojování.

AQQ – vodič pospojování 1x CYA 25 mm<sup>2</sup>

Vodič pospojování – uzemňovací přívod FeZn 30/4

Pospojování AXY CYA 6 mm<sup>2</sup>

**Napájení 230V AC:** 1/N/PE AC 230V 50Hz / TN-S, Rozváděč: +RH1.3, Obvod: -FA6, Jistič: LPN, 16B/3, Kabel: WLRH 0105, CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup>. Uložení kabelů dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

**Měřený proud:** viz MTP, +AJA02, -TA/02, a: 50/5, 10VA, 0,5S (only L1, L3), kabel: WLJA 0201, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.

**Měřené napětí:** viz MTN, AJA02, -TV/02, a: 100/√3, 10VA, 0,5, (only L1, L3) Rozváděč: +ASJ02, obvod: -, jistič: nejištěno dle požadavků DS, kabel: WLJA 0202, CYKCY-O 4x2,5 mm<sup>2</sup>, uložení dle ČSN 33 2000-5-52 Tab.52H odkaz 13, 33A.



Obrázek 18: Výrobní štítek rozváděče obchodního měření

## 5.9 Transformátor 22/0,4 kV, 1600 kVA

Označení ve schématu: **TS01,+T21**

**Umístění:** Trafokomora =TS01+T21, volně stojící vlastními kolečky na vodících kolejnicích, aretovaný proti pohybu klínky ke kolejnici.

**Uzemnění:** Zařízení je spojeno se společnou uzemňovací sítí FVE v rámci pospojování 1x FeZn 30/4 a uzemňovacích přívodů FeZn 30/4.

Vodič pospojování – uzemňovací přívod FeZn 30/4

Střed +T21 – vodič pospojování 1x CYA 120 mm<sup>2</sup> zž

**Připojení VN:** TS01, +AJA03 – vývod transformátoru +T21.

**Kabel:** 3 x (22-AXEKVCEY 1x240/16)

WHT021.A1, A2, A3

**Koncovky:** POLT-24C/1XI-L12

**Jm. napětí a druh sítě:** 3 AC 22kV 50Hz / IT

**Jm. proud:** 42,0A

**Jištění:** 3x Pojistka VN In=80A, s vypnutím odpínače všech tří fází při vybavení jedné.

+T21 připojení: 1U, 1V, 1W, přímo kabel -oko koncovky

**Připojení NN:** TS01, +RH1.1 – přívod transformátoru +T21.

**Přípojnice:** 3 x 2 Cu pásovina 1000 mm<sup>2</sup> + 1x Cu pásovina 1000 mm

**Jm. napětí a druh sítě:** 3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C

**Jm. proud:** 2309A

**Jištění:** +RH1.1, -FA1 Jistič s nadproudovou spouští

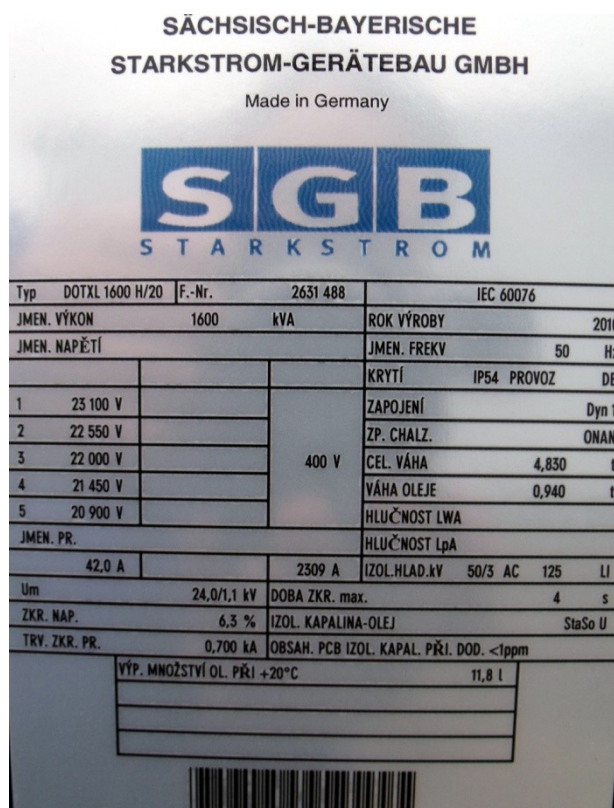
Typ spouště -FA1: ETU25B

Nastavení spouště:

$I_n=2500A$ ,  $I_r=0,9 \times I_n$ ,  $I_{sd}=8 \times I_n$ ,  $T_{sd}=0,02s$

+T21 připojení:

2U, 2V, 2W, 2N přímo kabel -kabelové oka



Obrázek 19: Výrobní štítek Transformátoru 22/0,4kV

## 5.10 Provedené měření, zkoušení

### 5.10.1 Spojitost ochranných vodičů, hlavního a doplňujícího pospojování

Měřeno zdrojem 24VDC/200 mA, provedeno v souladu s ČSN 33 2000-6, čl. 61. 3. 2

**a** - ochranných vodičů včetně vodičů ochranného a doplňujícího pospojování

(Měření se týká přechodových odporů mezi uzemňovací soustavou, neživými, vodivými částmi revidovaných přístrojů, rozváděči, konci napájených obvodů, stíněním kabelů a jinými konstrukčními stavebními částmi v případě pospojování).

**b** - v případě kruhových koncových obvodů také fázových vodičů

Maximální hodnota přechodového odporu mezi dvěma vodivými částmi současně přístupnými dotyku nesmí přesáhnout hodnotu  $R$  a byla kontrolována dle následujícího výpočtu:

$$R \leq \frac{U_{dot}}{I_A}$$

Kde:  $U_{dot}$  je dovolené dotykové napětí.

$I_A$  vypínací proud ochranných prvků.



Zařízení, celek, sestava	Maximální přechodový odpor mezi zařízením a svorkou uzemnění a navzájem	Výsledek
+AJA01 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,01Ω	Vyhovuje
+ASJ01 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,01Ω	Vyhovuje
+AJA02 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,01Ω	Vyhovuje
+ASJ02 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,01Ω	Vyhovuje
+AJA03 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,02Ω	Vyhovuje
+ANM - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,07Ω	Vyhovuje
+AXY - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,09Ω	Vyhovuje
+AQQ - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,02Ω	Vyhovuje
+T21 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,00Ω	Vyhovuje
+TS01, přechodový odpor ZS	Maximální přechodový odpor < 0,00Ω	Vyhovuje
+RH1 - Ref. vodič pospojování ZS	Maximální přechodový odpor < 0,01Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R01	Maximální přechodový odpor < 0,07 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R02	Maximální přechodový odpor < 0,07 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R03	Maximální přechodový odpor < 0,07 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R04	Maximální přechodový odpor < 0,05 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R05	Maximální přechodový odpor < 0,05 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R06	Maximální přechodový odpor < 0,04 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +R07	Maximální přechodový odpor < 0,04 Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +ANM	Maximální přechodový odpor < 0,02Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +AXY	Maximální přechodový odpor < 0,03Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod +AQQ	Maximální přechodový odpor < 0,03Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod zásuvky 230V I.	Maximální přechodový odpor < 0,09Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod zásuvky 230V II:	Maximální přechodový odpor < 0,08Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod zásuvky 400V:	Maximální přechodový odpor < 0,06Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod osvětlení	Maximální přechodový odpor < 0,06Ω	Vyhovuje
+RH1 - Obvod temperování I.	Maximální přechodový odpor < 0,06Ω	Vyhovuje

Tabulka 9:Naměřené hodnoty spojitosti

## 5.10.2 Izolační odpor elektrické instalace

### 5.10.2.1 Měření izolačního odporu kabelů NN

Pro instalace NN měřeno napětím 250, 500 a 1000 V DC / 1mA, provedeno v souladu s ČSN 33 2000-6, čl. 61. 3. 3.

Pro instalace NN jsou pro srovnání požadovány, dle ČSN 33 2000-6, čl. 61. 3. 3, hodnoty izolačního odporu (viz. Tabulka 1):

Jmenovité napětí obvodu [V]	Zkušební DC napětí [V]	Izolační odpor [MΩ]
SELV a PELV	250	≥ 0,5
Do 500V (vč. FELV)	500	≥ 1,0
Nad 500V	1 000	≥ 1,0

Tabulka 10:Minimální hodnoty izolačního odporu



Č.kabelu	Propojení		Typ kabelu	Délka Celkem(m)	Zkušební napětí		Funkce kabelu
	Odкуда	Kam			500V DC	100V DC	
WLR0101	+RH1.2	+R01	AYKY 3x240+120	221	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0102	+RH1.2	+R01	AYKY 3x240+120	221	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0103	+RH1.2	+R01	AYKY 3x240+120	221	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0201	+RH1.2	+R02	AYKY 3x240+120	173	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0202	+RH1.2	+R02	AYKY 3x240+120	173	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0203	+RH1.2	+R02	AYKY 3x240+120	173	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0301	+RH1.2	+R03	AYKY 3x240+120	154	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0302	+RH1.2	+R03	AYKY 3x240+120	154	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0303	+RH1.2	+R03	AYKY 3x240+120	154	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0401	+RH1.3	+R04	AYKY 3x240+120	163	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0402	+RH1.3	+R04	AYKY 3x240+120	163	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0403	+RH1.3	+R04	AYKY 3x240+120	163	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0501	+RH1.3	+R05	AYKY 3x240+120	158	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0502	+RH1.3	+R05	AYKY 3x240+120	158	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0503	+RH1.3	+R05	AYKY 3x240+120	158	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0601	+RH1.3	+R06	AYKY 3x240+120	98	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0602	+RH1.3	+R06	AYKY 3x240+120	98	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLR0701	+RH1.3	+R07	AYKY 3x240+120	54	min 200 MΩ		Napájení rozváděče FVG
WLRH0101	+RH1.3	+TS01	CYKY-J 3x 1,5	-	min 200 MΩ		Osvětlení TS01
WLRH0102	+RH1.3	+TS01	CYKY-J 3x 2,5	-	min 200 MΩ		Přímotop TS01
WLRH0104	+RH1.3	+AXY	CYKY-J 3x 2,5	-	min 200 MΩ		Servisní zásuvka rozváděče +AXY
WLRH0105	+RH1.3	+AQQ	CYKY-J 3x 2,5	-	min 200 MΩ		Servisní zásuvka rozváděče +AQQ
WLRH0106	+RH1.3	+ANM	CYKY-J 5x 6	-	min 200 MΩ		Napájení usměrňovačů
WLRH0107	+RH1.3	+TS01	CYKY-J 3x 2,5	-	min 200 MΩ		Zásuvky I. 230V, TS01
WLRH0108	+RH1.3	+TS01	CYKY-J 3x 2,5	-	min 200 MΩ		Zásuvky II. 230V, TS01
WLRH0109	+RH1.3	+TS01	CYKY-J 5x 2,5	-	min 200 MΩ		Zásuvka 400V, 16A TS01
WLN0101	+ANM	+AXY	CYKY-O 3x 4	-	min 200 MΩ		Napájení rozváděče +AXY
WLN0102	+ANM	+AJA01	CYKY-O 3x 4	-	min 200 MΩ		Napájení rozváděče +AJA01
WLN0103	+ANM	+RH01	CYKY-O 3x 4	-	min 200 MΩ		Napájení rozváděče +RH01
WLJA0102	+AJA01	+AXY	CYKCY-O 4x 2,5	-	min 200 MΩ		Napětí MTN TV/02 "b"
WLJA0201	+AJA02	+AQQ	CYKCY-O 4x 2,5	-	min 200 MΩ		Napětí MTN TV/02 "a"
WLJA0202	+AJA02	+AQQ	CYKCY-O 4x 2,5	-	min 200 MΩ		Napětí MTN TV/02 "a"
WLJA0203	+AJA02	+AXY	CYKCY-O 4x 2,5	-	min 200 MΩ		Proud MTP TA/01 "b"
WLJA0204	+AJA02	+ASJ01	CYKCY-O 4x 2,5	-	min 200 MΩ		Napětí MTN TV/02 "b"
WSJA0105	+AXY	+AJA01	CYKCY-O 5x1,5	-	min 200 MΩ		Dálkové ovládání z ŘS
WSJA0106	+AXY	+AJA01	CYKCY-O 19x1,5	-	min 200 MΩ		Signalizace VN do ŘS
WSNM0101	+AXY	+ANM	CYKCY-O 5x1,5	-	min 200 MΩ		Signalizace poruch usměrňovače do ŘS

Tabulka 11: Naměřené hodnoty izolačního odporu

Z naměřených hodnot (viz:

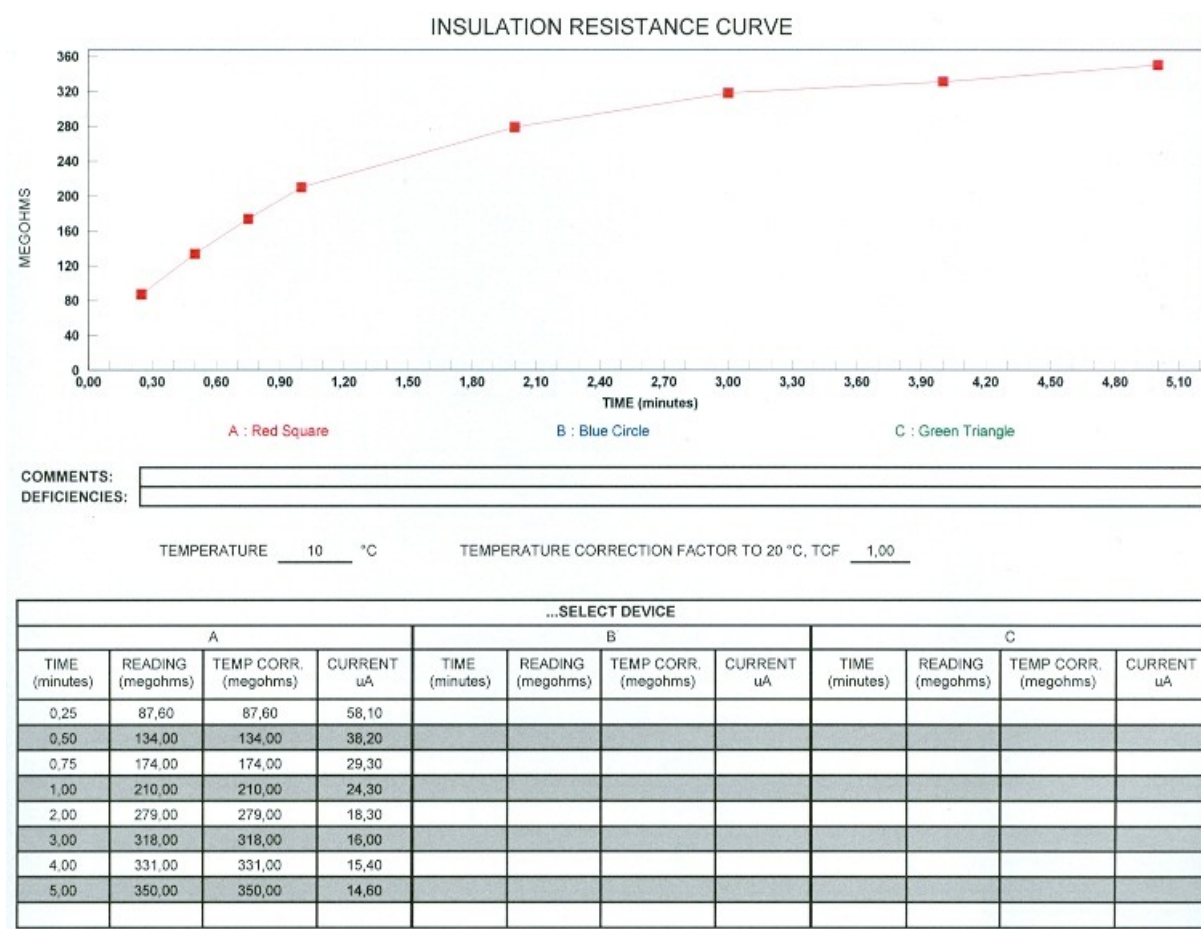
Tabulka 11) vyplývá, že izolační odpor žádného z kabelů nebyl menší jak 200 MΩ, tudíž všechny kabely zkoušce vyhověly.

### 5.10.2.2 Měření izolačního odporu kabelů napájení VN

Provedena plášťová zkouška napětím 5000 V DC, 5mA. Provedena zkouška kabelů zvýšeným napětím, dle PNE 34 7626 čl. 2. 1, ČSN EN 60071-1 ed.2.

Č.kabelu	Pojení		Typ kabelu	Délka Celkem(m)	Velčina		Funkce kabelu
	Odkud	Kam			Hodnota	Soustava	
WHJ079.A1	+USV0	+AJA01	22-AXEKVCEY 1x70/16	1250	22 kV	AC	Přpojka VN 79 L1
WHJ079.A2	+USV0	+AJA01	22-AXEKVCEY 1x70/16	1250	22 kV	AC	Přpojka VN 79 L2
WHJ079.A3	+USV0	+AJA01	22-AXEKVCEY 1x70/16	1250	22 kV	AC	Přpojka VN 79 L3
WHT021.A1	+AJA03	+T21	22-AXEKVCEY 1x70/16	8	22 kV	AC	Transformátor T21 L1
WHT021.A2	+AJA03	+T21	22-AXEKVCEY 1x70/16	8	22 kV	AC	Transformátor T21 L2
WHT021.A3	+AJA03	+T21	22-AXEKVCEY 1x70/16	8	22 kV	AC	Transformátor T21 L3

Tabulka 12: Seznam zkoušených kabelů



Obrázek 20: Průběh plášťové zkoušky kabelu WHJ079

Z uvedeného podkladu (viz: Obrázek 20) vyplývá, že kabel plášťové zkoušce vyhověl, protože během zkoušky nedošlo k průrazu.

### 5.10.2.3 Měření izolačního stavu transformátoru -T21

Měřeno napětím 5000V DC / 5 mA, současně s měřením koeficientu polarizačního indexu PI  $t_1 = 1$  min.  $t_2 = 10$  min, - izolační stav vyplývá z tabulky. Limitní hodnoty koeficientu Polarizačního Indexu PI jsou uvedeny (viz. Tabulka 13).

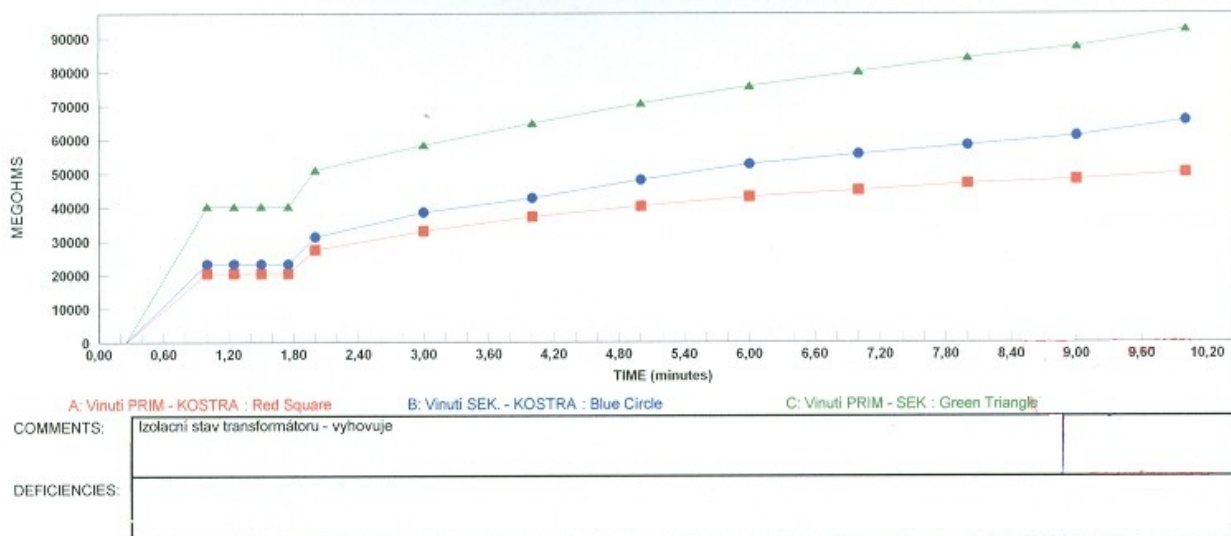


Měřený koeficient PI	Stav izolace
< 1,0	špatný
1,0 - 2,0	nejistý
2,0 - 4,0	dobrý
> 4,0	velmi dobrý

Tabulka 13: Minimální hodnoty polarizačního indexu

MINUTES	...SELECT DEVICE					
	A: Vinutí PRIM - KOSTRA		B: Vinutí SEK. - KOSTRA		C: Vinutí PRIM - SEK	
	READING (megohms)	CORR. VALUE (megohms)	READING (megohms)	CORR. VALUE (megohms)	READING (megohms)	CORR. VALUE (megohms)
0,25						
0,50						
0,75						
1,00	20 500,0	20 500,0	23 300,0	23 300,0	40 300,0	40 300,0
1,25	20 500,0	20 500,0	23 300,0	23 300,0	40 300,0	40 300,0
1,50	20 500,0	20 500,0	23 300,0	23 300,0	40 300,0	40 300,0
1,75	20 500,0	20 500,0	23 300,0	23 300,0	40 300,0	40 300,0
2,00	27 500,0	27 500,0	31 300,0	31 300,0	51 000,0	51 000,0
3,00	33 000,0	33 000,0	38 500,0	38 500,0	58 400,0	58 400,0
4,00	37 200,0	37 200,0	42 700,0	42 700,0	64 800,0	64 800,0
5,00	40 300,0	40 300,0	48 100,0	48 100,0	70 700,0	70 700,0
6,00	43 100,0	43 100,0	52 700,0	52 700,0	75 800,0	75 800,0
7,00	45 000,0	45 000,0	55 700,0	55 700,0	80 100,0	80 100,0
8,00	47 000,0	47 000,0	58 300,0	58 300,0	84 200,0	84 200,0
9,00	48 200,0	48 200,0	61 100,0	61 100,0	87 500,0	87 500,0
10,00	50 200,0	50 200,0	65 600,0	65 600,0	92 600,0	92 600,0
P. I.	2,45		2,82		2,30	
D. A. R.						

POLARIZATION CURVE



Obrázek 21: Průběh měření polarizačního indexu transformátoru +T21

Z naměřených hodnot (viz: Obrázek 21) vyplývá, že transformátor zkoušce vyhověl, protože výsledné hodnoty byly v mezích (viz. Tabulka 13).

### 5.10.3 Ochrana automatickým odpojením od zdroje

#### 5.10.3.1 Měření impedance poruchové smyčky

Pro instalace NN provedeno v souladu s ČSN 33 2000-6, čl. 61. 3. 6 **a** - pro sítě TN, **b** - pro sítě TT, **c** - pro sítě IT.

Impedance poruchové smyčky nesmí pro spolehlivé vypnutí nadproudového prvku překročit hodnotu vypočtenou následujícím výpočtem:

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a} \text{ resp. } 1,5 \times Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (5.0)$$

Maximální hodnota impedance poruchové smyčky závisí na předřazeném přístroji zajišťující automatické odpojení od zdroje při poruše.

Obvod	Jištění	Č.kabelu	Propojení		Typ kabelu	Velikost		Imped. och. smyčky (Ω)
			Odkud	Kam		Hodnota	Druh	
Přívod +RH01, Nap. +T21 -L1	In=2500A, Ir=0,9xIn, Isd=8xIn, Tsd= 0,02s	WLT1xxx	+T21	+RH01	3 x 4 CHBU 150 mm <sup>2</sup> + 3x CYA 120 mm <sup>2</sup>	233V	AC	0,06
Přívod +RH01, Nap. +T21 -L2						234V	AC	0,02
Přívod +RH01, Nap. +T21 -L3						233V	AC	0,05
Přívod +R01 -L1	Poj. 3x 315A gG	WLR0101	+RH1.2	+R01	1-AYKY 3x240+120	231V	AC	0,06
Přívod +R01 -L2						233V	AC	0,05
Přívod +R01 -L3						231V	AC	0,05
Přívod +R01 -L1	Poj. 3x 315A gG	WLR0102	+RH1.2	+R01	1-AYKY 3x240+120	231V	AC	0,04
Přívod +R01 -L2						233V	AC	0,08
Přívod +R01 -L3						231V	AC	0,07
Přívod +R01 -L1	Poj. 3x 315A gG	WLR0103	+RH1.2	+R01	1-AYKY 3x240+120	230V	AC	0,04
Přívod +R01 -L2						232V	AC	0,04
Přívod +R01 -L3						231V	AC	0,04
Přívod +R06 -L1	Poj. 3x 250A gG	WLR0601	+RH1.3	+R06	1-AYKY 3x240+120	232V	AC	0,03
Přívod +R06 -L2						234V	AC	0,04
Přívod +R06 -L3						232V	AC	0,02
Přívod +R06 -L1	Poj. 3x 250A gG	WLR0602	+RH1.3	+R06	1-AYKY 3x240+120	232V	AC	0,03
Přívod +R06 -L2						234V	AC	0,03
Přívod +R06 -L3						232V	AC	0,01
Světelný obvod trafostanice	Jistič 10B/1	WLRH0101	+RH01	-ES	CYKY-J 3x1,5	232V	AC	0,48
Přímotop trafostanice	Jistič 16B/1	WLRH0102	+RH01	-ET	CYKY-J 3x2,5	232V	AC	tř.II
Napájení rozváděče +ARA (vstupní svorky)	Jistič 16B/1	WLRA0101	+RH01	+ARA	CYKY-J 3x2,5	232V	AC	0,23
Napájení rozváděče +AXY (vstupní svorky)	Jistič 16B/1	WLRH0104	+RH01	+AXY	CYKY-J 3x2,5	232V	AC	0,24
Napájení rozváděče +AQQ (vstupní svorky)	Jistič 16B/1	WLRH0105	+RH01	+AQQ	CYKY-J 3x2,5	232V	AC	0,26
Napájení usměrňovače +ANM (L1)	Jistič 32C/3	WLRH0106	+RH01	+ANM	CYKY-J 5x 6	231V	AC	0,18
Napájení usměrňovače +ANM (L2)						232V	AC	0,18
Napájení usměrňovače +ANM (L2)						231V	AC	0,19
Zásuvky trafostanice 230V I. (měřeno za FI!)	Jistič 16B/2	WLRH0107	+RH01	-EZ1	CYKY-J 3x2,5	231V	AC	0,09
Zásuvky trafostanice 230V II. (měřeno za FI!)	Jistič 16B/2	WLRH0108	+RH01	-EZ2	CYKY-J 3x2,5	231V	AC	0,25
Zásuvka 400V, 16A TS01, L1 (měřeno za FI!)	Jistič 16C/4	WLRH0109	+RH01	-EZ400V	CYKY-J 5x 2,5	232V	AC	0,23
Zásuvka 400V, 16A TS01, L2 (měřeno za FI!)						232V	AC	0,21

Obrázek 22: Naměřené hodnoty při měření impedance poruchové smyčky



### 5.10.3.2 Měření odporu zemniče

Měření provedeno v souladu s ČSN 33 2000-6, čl. 61. 3. 6. 2

Elektrické zařízení je spojeno s jedinou, společnou zemnicí soustavou VN, NN a hromosvodu FVE.

Počasí v posledních třech dnech:

6 – 15 °C, polojasno, sucho

Měřeno kombinací metod spádu potenciálu s měřičem uzemnění a klešťovou metodou

Zkušební frekvence:

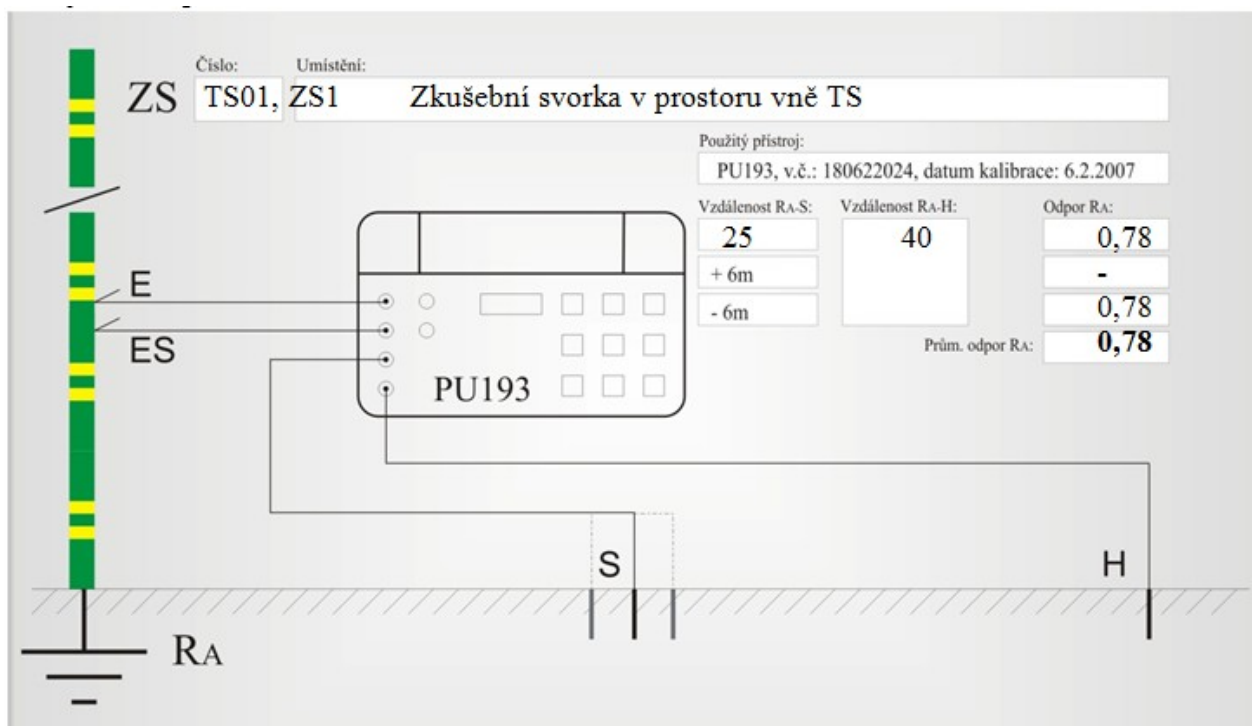
128Hz a 140Hz

Výsledná největší hodnota vnějšího i vnitřního rozvodu:

0,78 Ω (140Hz)

Dotykové napětí:

0,1 V



Obrázek 23: Naměřené hodnoty zemního odporu

Z naměřených hodnot (viz: Obrázek 23) vyplývá, že odpor zemniče trafostanice zkoušce vyhověl, protože výsledná hodnota nepřekročila odpor 5 Ω.

## 5.10.4 Doplnková ochrana

### 5.10.4.1 Zkouška proudových chráničů

V instalaci je uplatněn požadavek na provedení doplňkové ochrany proudovými chrániči s nepřesahujícím reziduálním proudem 30 mA u zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20A a které jsou užívány laicky dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2, čl. 411.3.3 a doporučení na provedení doplňkové ochrany proudovými chrániči s nepřesahujícím reziduálním proudem 30 mA u zásuvek, jejichž jmenovitý proud je vyšší jak 20A do 32A, u zásuvky 32A a více proudovým chráničem s vybavovacím reziduálním proudem 100 mA dle ČSN 33 2130 ed. 2, čl. 5. 3. 11 s ohledem na určený vnější vliv BA5 dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2, čl. 411.3.3 (Poznámka: Výjimky) a ČSN 33 2130 ed. 2, čl. 5. 3. 12, splnění není považováno za rozpor s normou.

**+RH1.3, -FI1** (obvody zásuvek trafostanice)

<i>Chránič, obvod</i>	<i>Vybavovací proud chrániče (mA)</i>	<i>Vybavovací čas chrániče (ms)</i>	<i>Dotykové napětí (V)</i>	<i>Vyhodn ocení</i>
Proudový chránič OFI 40 A, 30 mA, 4p. (-L1)	24,0	22,7	0,0	- vyhovuje
Proudový chránič OFI 40 A, 30 mA, 4p. (-L2)	24,0	63,5	0,04	- vyhovuje
Proudový chránič OFI 40 A, 30 mA, 4p. (-L3)	24,0	22,6	0,0	- vyhovuje

*Tabulka 14: Tabulka naměřených hodnot proudových chráničů*

## 6 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce řeší problematiku fotovoltaických elektráren z hlediska vyvedení výkonu a transformaci napětí z nižší strany na vyšší stranu a pak následné připojení k distribuční síti 22 kV.

V první kapitole je jednoduše popsán software, který nám usnadní práci při samotném kreslení jednotlivých komponentů trafostanice. A pak i software, který nám umožní práci při navrhování jištění kabelů a spotřebičů, ale pomůže nám i při volbě propojovacích kabelů a jejich průřezu.

Druhá, třetí a čtvrtá kapitola se zabývá samotným návrhem vyvedení výkonu a s tím souvisejícím zařízením. Mezi nejdůležitější komponenty patří například transformátor, VN rozváděč a kabelové vedení. Dále se pak tyto kapitoly zabývají kontrolou vodičů podle účinků zkratových proudů a oteplením při zkratu. Z těchto výpočtů je patrné, že nestačí vodič nadimenzovat na nominální proud, ale musí se počítat i s těmito parametry, aby instalace byla dostatečně odolná a hlavně bezpečná. V kapitole tři je pak ještě předvedeno, jak nám program SICHK ulehčí práci při návrhu jisticích prvků a vodičů. Ve čtvrté kapitole je zpracována samotná výkresová dokumentace se všemi náležitostmi.

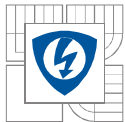
V poslední kapitole je důkladně provedená revize navržených obvodů a zařízení s tímto výsledkem. Naměřené hodnoty izolačních odporů vyhovují, protože jsou ve všech případech vyšší než hodnota požadovaná dle ČSN 33 2000-6. Kabely a zařízení VN vyhověly zkouškám zvýšeným napětím a zkouškám pláště. Naměřené hodnoty přechodových odporů splňují požadavky platných norem. Hodnoty zemních odporů vyhovují požadavkům norem jak z hlediska bezpečnosti, tak z hlediska ochrany LPS. Naměřené hodnoty impedance smyčky zajišťují správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje. Výsledky zkoušek proudových chráničů (doplňková ochrana) postupně zvyšujícím se proudem zajišťují vypnutí obvodu v požadovaném čase při vyhovujícím reziduálním proudu. Nastavené hodnoty ochrany a jejich odzkoušení simulačním zařízením zajišťují samočinné odpojení od zdroje v požadovaném čase.

Z revize vyplývá, že námi navržený obvod je schopen dalšího provozu a splňuje všechny požadavky platných norem a nařízení.

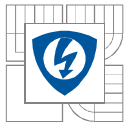


## LITERATURA

- [1] ČSN 33 2000-5-52. *Elektrotechnické předpisy Elektrická zařízení- Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení : Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení*. Ing. Vladimír Prokeš. Praha : Český normalizační institut, 1998. 53 s.
- [2] ČSN 33 2000-5-51. *Elektrické instalace nízkého napětí- Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení : Všeobecné předpisy*. Ing. Karel Dvořáček. ed. 3. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 58 s.
- [3] ČSN 33 2000-4-442. *Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 44: Ochrana proti přepětí : Oddíl 442: Ochrana zařízení nn při zemních poruchách v síti vysokého napětí*. Ing. Karel Procházka, CSc.. Praha : Český normalizační institut, 1999. 16 s.
- [4] ČSN 35 1121. *Trojfázové olejové distribuční transformátory 50 Hz, od 50 do 2 500 kV.A s nejvyšším napětím pro zařízení nepřevyšující 36 kV – Část 1: Všeobecné požadavky a požadavky na transformátory s nejvyšším napětím pro zařízení nepřevyšující 24 kV*. Ing. Jaroslav Bárta. Praha : Český normalizační institut, 1996. 12 s.
- [5] ČSN 33 2000-6. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize*. Ing. Michal Kříž. Praha : Český normalizační institut, 2007. 48 s.
- [6] ČSN EN 60909-0. *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů*. Ing. Stanislav Roškota. Praha : Český normalizační institut, 2002. 64 s.
- [7] ČSN EN 60865-1. *Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody*. Ing. Stanislav Roškota. Praha : Český normalizační institut, 1997. 52 s.
- [8] ČSN 38 1754. *Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1974. 40 s.
- [9] ČSN 34 1610. *Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1963. 71 s.
- [10] ČSN EN 61140. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení*. Ing. Michal Kříž. ed. 2. Praha : Český normalizační institut, 2003. 44 s.
- [11] ČSN 33 2000- 4- 41. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4- 41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Ing. Michal Kříž. ed. 2. Praha : Český normalizační institut, 2007. 52 s.
- [12] ČSN 33 3201. *Elektrické instalace nad AC 1 kV*. Ing. Jaroslav Bárta. Praha : Český normalizační institut, 2002. 162 s.
- [13] ČSN 33 2000-5-54. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování*. Ing. Michal Kříž. ed. 2. Praha : Český normalizační institut, 2007. 52 s.
- [14] ČSN EN 60071-1. *Elektrotechnické předpisy – Koordinace izolace – Část 1: Definice, principy a pravidla*. Ing. František Popolanský, CSc.. ed. 2. Praha : Český normalizační institut, 2000. 24 s.



- 
- [15] *Areva-td.com* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Rozváděč UNIFLUORC. Dostupné z WWW: <<http://www.alstom.com/grid/>>.
- [16] *Elpro-energo.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Olejové transformátory. Dostupné z WWW: <http://www.elpro-energo.cz/>
- [17] *Draka.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Kabely pro vysoké napětí. Dostupné z WWW: <<http://www.draka.cz/>>
- [18] Kučera, Jaroslav. *CAD SYSTÉMY A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE*. Brno, 2009. 55 s. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [19] PNE 33 0000- 1. *OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM V DISTRIBUČNÍCH SOUSTÁCH A PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ*. Ing. Jaroslav Bárta. ed. 4. Praha : Český normalizační institut, 2008. 77 s.
- [20] PNE 33 0000- 2. *STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH CHARAKTERISTIK VNĚJŠÍCH VLIVŮ PUSOBÍCÍCH NA ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ DISTRIBUČNÍ A PŘENOSOVÉ SOUSTAVY*. Ing. Jaroslav Bárta. ed. 4. Praha : Český normalizační institut, 2010. 25 s.
- [21] PNE 33 0000- 3. *REVIZE A KONTROLY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ PŘENOSOVÉ A DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY*. Ing. Jaroslav Bárta. ed. 3. Praha : Český normalizační institut, 2009. 25 s.
- [22] *OEZ* [online]. 2011 [cit. 2011-05-27]. Jištění elektrických obvodů a zařízení nízkého napětí oez.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.oez.cz/>>.



## PŘÍLOHY

- A1. Mapa vyvedení výkonu
- A2. Jednopolové schéma přenosu
- A3. Návrh trafostanice
- A4. Uzemnění trafostanice
- A5. Uložení VN a NN kabelů
- A6. Schéma použitých kabelů
- B1. Rozváděč obchodního měření AQQ
- B2. Rozváděč řídicího systému – AXY
- C1. Přehledové schéma
- D1. Zdroj 110V DC +ANM
- E1. Rozváděč NN +RH